

**VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže**

**Návrh nové technologie výroby
koncovky kabelu ve firmě
TAJMAC–ZPS, a.s. Zlín**

**New Technology Proposal of Cable End in
TAJMAC-ZPS, a.s. Zlín**

Student:

Bc. Adam JANÁSEK

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Robert ČEP, Ph.D.

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 22.5.2009

.....
Bc. Adam Janásek

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odstavec 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevздáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 22.5.2009

.....

Bc. Adam Janásek

Adresa trvalého pobytu diplomanta:

Bc. Adam JANÁSEK
Manství Paseky 643
763 12 Vizovice

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

JANÁSEK, A. Návrh nové technologie výroby koncovky kabelu ve firmě TAJMAC–ZPS, a.s. Zlín. Ostrava: katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, 63s. Diplomová práce, vedoucí: Ing. Robert Čep, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá návrhem nové technologie výroby koncovky kabelu ve firmě TAJMAC-ZPS, a.s. Zlín, která slouží jako konektor pro připojení svařovacích kabelů. V úvodu je provedeno rozdělení soustružnických strojů se zaměřením na vícevřetenové automaty. Následuje návrh nové technologie výroby pro vačkový vícevřetenový soustružnický automat a numericky řízený vícevřetenový soustružnický automat. Ke každému vícevřetenovému automatu jsou navrženy nejvhodnější typy strojů, nástrojů, řezných parametrů a výrobních časů. Pro numericky řízený vícevřetenový automat je vytvořen NC program v programu TMis. Na závěr je vybrána nejvhodnější technologie a na základě zjištěných hodnot je porovnán vačkový a numericky řízený vícevřetenový soustružnický automat z technicko – ekonomického hlediska.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

JANASEK, A. New Technology Proposal of Cable End in TAJMAC-ZPS, a.s. Zlín. Ostrava: Department of Machining and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2009, 63p. Diploma thesis, head: Robert Čep, Ph.D., MSc.

My diploma thesis proposes and deals with a new technology for manufacturing a cable termination in TAJMAC-ZPS, a.s. Zlín company. This cable termination serves as a connector for welding machines. In the beginning of the thesis I divide turning machines with a special focus on multi-spindle machines. This section is followed by a proposal of a new production technology for a cam and numerically controlled multi-spindle turning machine. Each multi-spindle machine is supplemented with a list of most suitable types of machinery, tools, cutting parameters and production times. NC for the numerically controlled multi-spindle machine was created in TMis programme. Finally, the most appropriate technology was selected and on the basis of calculated values cam and numerically controlled multi-spindle turning machines are compared from the technical-economic standpoint.

OBSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE

OBSAH	1
SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ	3
ÚVOD	4
PODSTATA DIPLOMOVÉ PRÁCE	5
1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY	6
1.1 SOUSTRUŽNICKÉ STROJE	7
1.2 AUTOMATICKÉ SOUSTRUHY	8
1.3 JEDNOVŘETENOVÉ AUTOMATICKÉ SOUSTRUHY	8
1.3.1 JEDNOVŘETENOVÝ ZAPICHOVACÍ AUTOMAT (TVAROVÝ)	9
1.3.2 JEDNOVŘETENOVÝ REVOLVEROVÝ AUTOMAT	9
1.4 VÍCEVŘETENOVÉ AUTOMATICKÉ SOUSTRUHY	9
1.4.1 VÍCEVŘETENOVÝ AUTOMAT SE SOUČASNÝM OBRÁBĚNÍM	10
1.4.2 VÍCEVŘETENOVÝ AUTOMAT S POSTUPNÝM OBRÁBĚNÍM	10
1.4.3 VÍCEVŘETENOVÝ AUTOMAT VODOROVNÝ	10
1.5 NOVODOBÝ VÍCEVŘETENOVÝ AUTOMAT- VAČKOVÝ	12
1.5.1 VŘETENOVÝ BUBEN	12
1.5.2 VŘETENO	13
1.5.3 UPÍNACÍ A PODÁVACÍ ZAŘÍZENÍ	13
1.5.4 PRACOVNÍ SUPORTY	13
1.5.5 ŘÍZENÍ FUNKCÍ A DORAZ TYČOVÉHO MATERIÁLU	14
1.5.6 ZVLÁŠTNÍ PŘÍSLUŠENSTVÍ	14
1.6 NOVODOBÝ VÍCEVŘETENOVÝ AUTOMAT- CNC	15
1.6.1 ŘÍDÍCÍ SYSTÉM SIEMENS - SINUMERIK	16
1.6.2 POSTUP PŘI PROGRAMOVÁNÍ	17
2. PROBLEMATIKA VÝROBY NA VÍCEVŘETENOVÝCH OBRÁBĚCÍCH STROJÍCH	18
2.1 POPIS SOUČÁSTI	18

2.2	TAJMAC-ZPS, A.S.	20
2.3	MORI-SAY 8/42S	20
2.4	TMZ 6/42CNC	22
2.4.1	TMIS	25
2.5	AUTOMATICKÝ ZÁSOBNÍK TYČÍ	27
<u>3.</u>	<u>NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE VÝROBY</u>	<u>29</u>
3.1	PRVNÍ VARIANTA	29
3.1.1	TECHNOLOGICKÝ POSTUP - PRVNÍ VARIANTA	30
3.1.2	NÁSTROJE PRO 1. VARIANTU (MORI-SAY 8/42S)	35
3.2	DRUHÁ VARIANTA	36
3.2.1	TECHNOLOGICKÝ POSTUP - DRUHÁ VARIANTA	37
3.2.2	NÁSTROJE PRO 2. VARIANTU (TMZ 6/42CNC)	41
3.2.3	TMIS	42
<u>4.</u>	<u>ZHODNOCENÍ A VÝBĚR NEJVHODNĚJŠÍ TECHNOLOGIE</u>	<u>49</u>
4.1	MORI-SAY 8/42S	49
4.2	TMZ 6/42CNC	50
4.3	POROVNÁNÍ VARIANT Z ČASOVÉHO HLEDISKA	50
<u>5.</u>	<u>TECHNICKO - EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ</u>	<u>54</u>
<u>6.</u>	<u>ZÁVĚR</u>	<u>58</u>
POUŽITÁ LITERATURA		60
PODĚKOVÁNÍ		62
SEZNAM PŘÍLOH		63

Seznam použitého značení

Značení	VÝZNAM	Jednotka
CNC	počítačem řízený obráběcí stroj (<i>Computer Numerical Control</i>)	-
D	definuje číslo břitu na nástroji	-
Ks	kus	ks
NC	číslicové ovládání (<i>Numerical Control</i>)	-
T	definice nástroje	-
d	průměr	mm
f	posuv	mm
f_z	posuv na zub	mm
l	délka pohybu	mm
n	otáčky vřeten	min^{-1}
t_c	celkový čas	s
v_c	řezná rychlost	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$

Úvod

Obrábění je základní a zároveň nejznámější strojírenské odvětví, které se zabývá výrobou součástek. V dnešní době, kdy je velká snaha zvyšovat technickou úroveň součástek se samotná technologie obrábění zaměřuje hlavně na zdokonalení metod úběru a zvýšení jakosti povrchu obráběných materiálů. Technologické vlastnosti obráběcích strojů významně ovlivňují výsledný efekt obráběcího procesu.

Čím dál více platí, že samotný technolog může ovlivnit většinu procesu obrábění, zejména však efektivitu a produktivitu výroby. Podle zkušeností, vědomostí a schopnosti rozhodování technologa se odvíjí výrobní aktivity jako produkce a prodejnost výrobku na trhu.

Při navrhování nových technologií výroby je hlavním cílem dosáhnout nejvyšší možné kvality za co nejnižší výrobní náklady a maximálně snížit výrobní časy. Optimalizace jednotlivých operací při obrábění jsou ve výrobním podniku prioritní a neustálou výzvou z důvodu konkurenceschopnosti podniku na trhu. V dnešní době pečlivě navržený technologický postup zaručuje značné úspory a také cestu k využití moderních nástrojů a dokonalejších metodám obrábění, což v první řadě znamená dosažení úspory finančních prostředků, výrobních časů a lepšího využití pracovní síly.

Podstata diplomové práce

Cílem diplomové práce je navrhnout novou technologii výroby koncovky kabelu, která slouží jako redukce k připojení svařovacích kabelů. V diplomové práci budou použity stroje od firmy TAJMAC-ZPS, a.s., ve které se diplomová práce zpracovávala. Nová technologie výroby bude navržena pro stroj, u kterého pohyb suportu vychází z vačkového mechanismu (dále již vačkový), a pro stroj, kde pohon os je řízen numericky (dále již numericky řízený).

K dosažení cíle diplomové práce je nutné provést:

- návrh nové technologie výroby pro vačkový vícevřetenový soustružnický automat,
- návrh stroje, nástrojů, řezných parametrů, výrobních časů pro vačkový vícevřetenový soustružnický automat,
- návrh nové technologie výroby pro numericky řízený vícevřetenový soustružnický automat,
- návrh stroje, nástrojů, řezných parametrů, výrobních časů pro numericky řízený vícevřetenový soustružnický automat,
- vytvořit NC program pro numericky řízený vícevřetenový soustružnický automat,
- zhodnotit a vybrat nejvhodnější technologii,
- na základě zjištěných hodnot porovnat vačkový a numericky řízený vícevřetenový soustružnický automat z technicko - ekonomického hlediska.

1. Úvod do problematiky

Trvalý růst průmyslové výroby zvyšováním produktivity práce je v první řadě závislý na technické úrovni výrobních procesů. Velký podíl na tom má samotné strojírenství. Vývoj strojírenské techniky je spojený s vývojem lidstva. Obrábění můžeme z historického hlediska považovat za nejstarší výrobní metodu, kterou člověk použil. I proto jsou obráběcí stroje základní a nejvyužívanější pracovní prostředky. Na jejich dokonalosti závisí efektivnost či kvalita celé výroby. Růst produktivity umožňují stále výkonnější stroje. Jejich zdokonalování je závislé na úrovni a pokroku při navrhování nových výrobních strojů a zařízení.

Rozdělení obráběcích strojů podle hlavního řezného pohybu:

- rotační (soustruhy, frézky, vrtačky, vyvrtávačky apod.),
- přímočarý (hoblovačky, protahovačky, obrážecí apod.),
- kombinovaný.

Největší světoví výrobci obráběcích strojů zaznamenávají stoupající trend objemu výroby, a tím mezi výrobci těchto strojů vzniká velký konkurenční boj mezi dodavateli na světovém trhu. Tak vzniká velký tlak na jejich ceny, výkony, přesnosti, spolehlivosti a ekologické parametry [1]. Tyto požadavky ovlivňují výrobce obráběcích strojů jak v oblasti hospodárnosti, tak i v inovacích.

1.1 Soustružnické stroje

Jsou to nejrozšířenější obráběcí stroje určené k obrábění rotačních součástí. Lze na nich obrábět vnější i vnitřní rotační plochy válcové, kuželové i obecné, čelní rovinné plochy, řezat závity, vrtat, vyvrtávat, vystružovat [2]. Pomocí přídatného zařízení lze podélně i příčně kopírovat, frézovat plochy či drážky, nebo brousit plochy. Pro soustružnické stroje je charakteristický rotační hlavní řezný pohyb, který je dosahován otáčením obrobku. Soustružnické stroje se rozdělují do několika typů podle konstrukce stroje, charakteru výroby, charakteru obrobku, rozsahu prováděných operací a také podle účelu použití.

Soustružnické stroje:

hrotové soustruhy

- univerzální,
- speciální (produkční, kopírovací, podtáčecí, na klikové hřídele a jiné [3]),

čelní soustruhy (lícní)

- s příčným ložem,
- s podélným ložem se suportem a koníkem,

revolverové soustruhy

- s vodorovnou revolverovou hlavou,
- se svislou revolverovou hlavou,

svislé soustruhy (karusely)

- jedno stojanové,
- dvoustojanové,

poloautomatické soustruhy

- křivkové (kopírovací a vačkové),
- bezkřivkové,

automatické soustruhy

- jednovřetenové (tvarové, zapichovací, dlouhotočné a revolverové [7]),
- vícevřetenové,

speciální soustruhy

1.2 Automatické soustruhy

Uplatnění těchto strojů je především ve velkosériové a hromadné výrobě. Výchozím materiálem pro automatické soustruhy jsou většinou tyče, výlisky, výkovky. Materiál je podáván a upínán zcela automaticky. Charakteristickým znakem těchto soustruhů je samočinné opakování pracovního cyklu po obrobění jedné součástky [4]. Jsou to velmi výkonné stroje.

Rozdělení soustružnických automatů dle počtu pracovních vřeten:

- jednovřetenové
 - zapichovací
 - pevný vřeteník (krátké součásti),
 - posuvný vřeteník (tzv. dlouhotočný),
 - revolverové
 - křivkové,
 - bezkřivkové,
- vícevřetenové
 - se současným obráběním,
 - s postupným obráběním,
 - svislé,
 - vodorovné.

Rozdělení soustružnických automatů dle automatizace:

- křivkové (ovládání pomocí vaček),
- bezkřivkové (ovládání pomocí elektrohydrauliky).

1.3 Jednovřetenové automatické soustruhy

Stroje jsou vhodné pro složité práce v hromadné výrobě. Jednovřetenové automatické soustruhy jsou zapichovací (tvarové) nebo revolverové a mají většinou 4 až 6 suportů. Suporty jsou rozmístěny vějířovitě kolem vřeten. Vřeten jsou omezena pouze na příčný posuv. Posuv je většinou odvozen od kotoučových vaček na rozvodovém hřídeli. Jednotlivé typy strojů se dělí podle rozsahu otáček vřeten a velikosti upnutého materiálu.

1.3.1 Jednovřetenový zapichovací automat (tvarový)

Je vhodný pro příčné obrábění jako je tvarové soustružení, soustružení čela či upichování. Automaty mají několik suportů s tvarovými noži. Stroj je vybaven nástrojovou hlavou pro vrták nebo jiný nástroj. Pro vyrovnaní řezných sil se využívá současné práce dvou suportů s nástroji proti sobě.

1.3.2 Jednovřetenový revolverový automat

Poznáme ho dle revolverové hlavy. Na tomto stroji můžeme obrábět i složitější tvary. Nástroje se upínají do hlavy, která má 4 až 8 poloh. Další nástroje lze upnout do příčných suportů. Velikosti zdvihů a posuvů určují vačky. Nové automaty mají funkce řízeny elektronicky. Ke stroji lze přidat široký sortiment přídatných zařízení. Revolverové automaty se dále dělí na křivkové (všechny pohyby revolverové hlavy a příčných suportů jsou řízeny vačkami a křivkovým bubnem) a bezkřivkové (pracovní cyklus je řízen nárážkami otáčivého bubnu, pohyb revolverové hlavy a suportů je řízen elektrohydraulicky). Hlavním řídicím orgánem je nárážkový buben [5]. Při seřizování stroje lze jednotlivé funkce ovládat ručně bez nárážek.

1.4 Víceřetenové automatické soustruhy

Víceřetenové soustružnické automaty můžeme rozřadit nejčastěji podle počtu vřeten, uspořádání a hlavně podle konstrukce. Víceřetenové automaty se vyrábějí v provedení 4-vřetenovém, 5-vřetenovém, 6-vřetenovém a 8-vřetenovém. Stroje umožňují obrábět složité součástky a vyznačují se vysokou produktivitou, protože obrábění probíhá současně na všech vřetenech [6]. Smysl stroje spočívá v tom, že daná technologie se rozdělí do jednotlivých stanic (dle počtu vřeten), obrábění ve všech vřetenech probíhá současně, ale technologie jsou zvlášť rozděleny pro jednotlivá vřetena. Víceřetenové automaty mají větší výkonnost než jednovřetenové automaty a to tolikrát, kolik mají pracovních vřeten. Hlavní využití těchto strojů je v hromadné, popřípadě ve velkosériové výrobě. Stroje se vyznačují vysokou produktivitou při malém nároku na zastavěnou plochu.

Proti každému vřetenu jsou umístěny na suportech příslušné nástroje. Pohyb suportu provede požadovaný úkon a následuje otočení o jednu rozteč. Počet příčných suportů je většinou stejný jako počet vřeten.

Rozdělení podle způsobu obrábění:

- se současným obráběním,
- s postupným obráběním.

Rozdělení podle konstrukce:

- svislé,
- vodorovné.

1.4.1 Vícevřetenový automat se současným obráběním

Automaty jsou vhodné pro jednoduché tvary. Stejné operace se provádí současně na všech obrocích upnutých ve stroji. Za jeden pracovní cyklus se obrobí najednou všechny součásti. Mají tolikrát větší výkon, kolik mají vřeten.

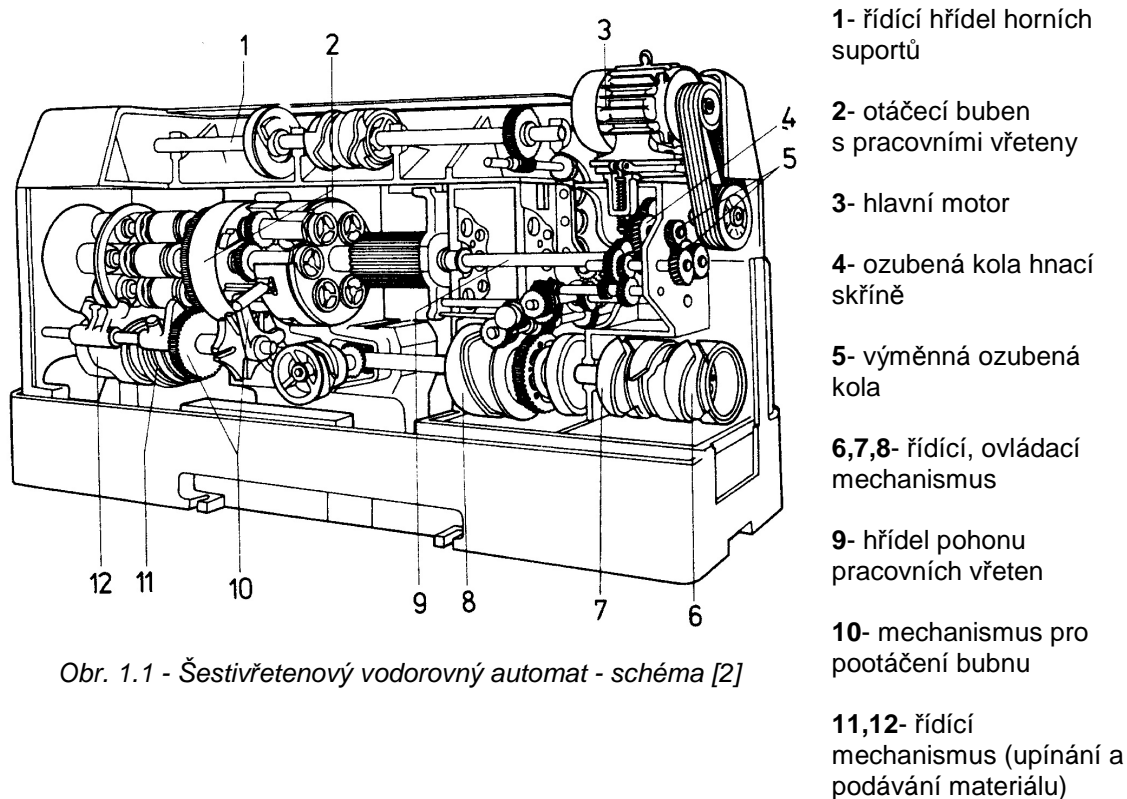
1.4.2 Vícevřetenový automat s postupným obráběním

Princip je v současném obrábění několika součástí a na každém pracovním místě se provede jedna operace dle postupu obrábění. Obrábí se skupinami nástrojů uspořádaných v několika pracovních polohách. Dalším krokem je posun k dalšímu pracovnímu místu. Po ukončení cyklu se suporty s upnutými nástroji vzdálí od obrobku a vřetenový stůl se pootočí o stanovenou rozteč. Po vykonání všech pracovních míst a všech operací vzniká jeden hotový obrobek. Délka cyklu je dána dobou nejdelší operace. Jsou určeny k obrábění tvarově složitějších součástí.

1.4.3 Vícevřetenový automat vodorovný

Stroje obrábí materiál ve tvaru tyčí. Obrobky se upínají a odebírají na upínacím místě, kde je vřeteno v klidu, ale za práce ostatních vřeten, takže nedochází k prodlužování pracovního cyklu o čas potřebný k sejmutí a upnutí

obrobku. Vřetena jsou uložena ve vřetenovém bubnu, který se po ukončeném pracovním cyklu pootočí o jednu rozteč. Během pracovních cyklů se nástrojová hlava pohybuje rychle k obrobku, následuje změna z rychloposuvu na posuv pracovní, dojde k vykonání operace a následně se hlava vrátí zpět do bezpečné polohy. Mimo nástrojovou hlavu jsou na stroji příčné suporty. Jejich pohyb je ovládán rozvodovým hřídelem. Elektromotor pohání hnací hřídel, z něho odvádí pohyb pomocí přesuvných kol a výměnných kol na centrální hřídel, který prochází dutou centrální tyčí do vřeteníku. Mezi jednotlivými cykly se buben s vřeteny pootočí o danou rozteč pomocí vačkového ústrojí. Dříve se používal maltézský mechanismus, ale po stránce dynamické nebyl výhodný. Vačce lze dát takový tvar, aby zrychlení bylo příznivé, to záleží i na přesné výrobě vačky, jelikož chyby ve tvaru mají vliv na průběhy zrychlení.



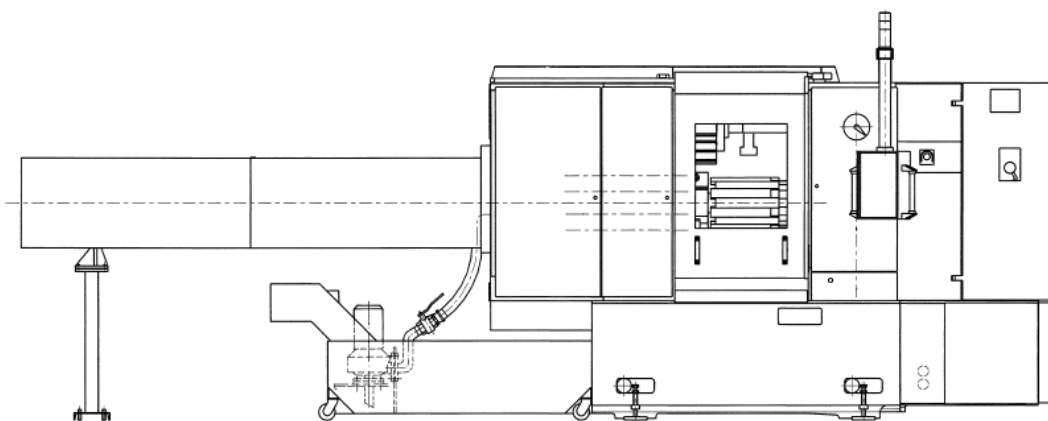
Obr. 1.1 - Šestivřetenový vodorovný automat - schéma [2]

V dnešní době se využívají dva druhy rozřazení vícevřetenových automatů:

- cyklus stroje řízený **vačkami**,
- cyklus stroje řízený **CNC** řídicím systémem.

1.5 Novodobý vícevřetenový automat - vačkový

Automatický pracovní cyklus těchto strojů je řízený pomocí vaček. Automat je určený pro hromadnou, sériovou výrobu a umožňuje i malosériovou výrobu součástí z tyčového materiálu. Na volbě zvláštního příslušenství závisí technologie výroby dílců. Stroj je schopen vyrábět i dvě různé jednoduché součásti. Zařízení umožňuje další obrábění součástí - bez rotace (příčné vrtání, řezání závitů, frézování ploch apod.). Automat má možnost přetáčení vřetenového bubnu vždy o jednu pracovní polohu. Volba otáček vřeten se provádí výměnnými ozubenými koly. Funkční pohyby jsou řešeny mechanicky, rotační ozubenými převody, přímočaré stavitelnými kulisovými mechanismy s výměnnými kotoučovými vačkami. Vačkový automat je určený pro užití tvarových nástrojů. Tvar ostří u těchto nožů odpovídá tvaru obráběné plochy. Nože se používají v sériové a hromadné výrobě. Výhodou je jejich vysoká produktivita práce a přesnost vyráběných ploch [8]. Nevýhodou tvarových nástrojů je, že se jedná o speciální nástroje, tudíž cena nástrojů je vysoká. Nevýhodou jsou obtíže při konstrukci i výrobě a nepříznivé pracovní podmínky (změna geometrie břitu). Ovládání dorazu materiálu je řešeno mechanicky.



Obr. 1.2 - Vačkový vícevřetenový automat [14]

1.5.1 Vřetenový buben

Ve vřetenovém bubnu jsou uložena pracovní vřetena stroje, upínač a podavač tyčového materiálu. Jsou na něm upevněny také ozubené věnce zajišťování a přetáčení. Na předním čele vřetenového bubnu jsou přišroubovány příruby pro zajištění ložisek vřeten. Za přírubami je na osazení připevněn vnitřní věnec zajišťování s čelním ozubením.

Přerušovaný pohyb pro přetáčení vřetenového bubnu vytváří vačkový mechanismus, který je umístěn v zadním prostoru vřetenové skříně. Přetáčet lze jen o jednu pracovní polohu.

1.5.2 Vřeteno

Ve vřetenovém bubnu jsou uložena pracovní vřetena stroje, upínání a podávání tyčového materiálu. Jsou na něm upevněny také ozubené věnce zajišťování a přetáčení. Na předním čele vřetenového bubnu jsou přišroubovány příruby pro zajištění ložisek vřeten. Za přírubami je na osazení připevněn vnitřní věnec zajišťování s čelním ozubením.

1.5.3 Upínací a podávací zařízení

Je ovládáno mechanicky bubnovou vačkou upínání a bubnovou vačkou podávání. Vačky ovládají upínací a podávací saně, které se pohybují po dvou vodících tyčích zakotvených ve stěně vřetenové skříně a v zadní konzole stroje. Jejich pohyb se přenáší na upínač a podavač na vřetenech stroje.

1.5.4 Pracovní suporty

Každé z pracovních poloh je přiřazen jeden příčný, případně křížový a jeden podélný suport, všechny suporty jsou nezávislé. Pohyb těchto suportů je řízen samostatnými výměnnými vačkami použitelnými pro ovládání všech suportů. V určitém rozsahu lze měnit zdvih přestavením táhla v kulise nebo výměnou vlastní pracovní vačky.

Příčné suporty jsou určeny pro příčné soustružení, zapichování, čelní soustružení a upichování. Při použití zvláštního příslušenství také pro řezání a válcování závitů, tvarové soustružení, případně pro další pracovní operace.

Křížové suporty umožňují příčné soustružení, podélné válcové soustružení a při vyklonění podélné soustružení kuželů. Při použití zvláštního příslušenství také k řezání a válcování závitů a případně další operace. Křížové suporty se montují na saně příčných suportů místo desek suportů.

Na tělese podélného suportu jsou umístěny nezávislé podélné suporty ovládané nezávislými výměnnými vačkami. Využívají se k upnutí zvláštního příslušenství pro nástroje při podélném soustružení válcových ploch, vrtání, vyvrtávání, vystružování, řezání a válcování závitů, vnitřním zapichování, případně pro vyvození pomocného posuvu u manipulačních prostředků.

1.5.5 Řízení funkcí a doraz tyčového materiálu

Elektrické funkce jsou řízeny úhlovým snímačem, umístěným ve vřetenové skříni na vačkovém hřídeli pohonu příčných suportů a přetáčení vřetenového bubnu, a dále snímači příslušných mechanismů.

Doraz omezuje délku podání tyčového materiálu do pracovního prostoru stroje. Funkční pohyb je proveden mechanicky kotoučovou vačkou.

1.5.6 Zvláštní příslušenství

Tvoří nezbytný doplněk strojů. Při seřizování automatu na určitou technologii lze osadit stroj držáky nástrojů a různými dalšími zařízeními.

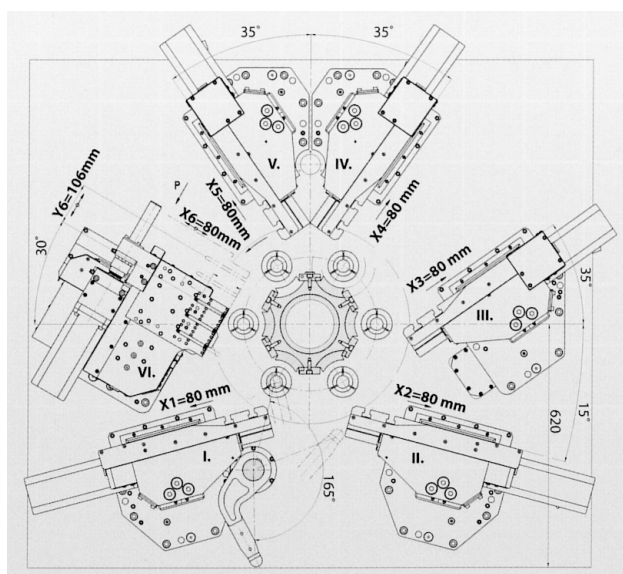
Skříň pohonů pro zvláštní příslušenství je přizpůsobena pro montáž převodů pro pohon zařízení na mnohé příslušenství, např:

- vřeteno pro rychlovrtání a vystružování,
- závitořez, válcování závitů, protlačování, frézování závitů,
- příčné vrtání,
- přídržovač a obrábění ze strany úpichu,
- stop pick-up,
- obrábění polygonálních ploch (soustružení vnějších vícehranů),
- orientované zastavení vřeten,
- hloubkové rychlovrtání,
- frézování pilkou za rotace,
- válečkování a hlazení povrchu,
- kopírování,
- úhlové zapichování,
- manipulátor,
- odvod součástí a jiné.

1.6 Novodobý vícevřetenový automat - CNC

Automatický pracovní cyklus těchto strojů je řízený CNC (Computer Numerical Control) řídícím systémem. Nejužívanější řídící systémy CNC: Siemens (Sinumerik), Fanuc, Bosch, Heidenhein [9]. Vysoké produktivity se dosahuje nejen automatizací pracovního cyklu obráběcího stroje, ale i současným obráběním na několika vřetenech [10]. Konstrukční řešení vícevřetenových automatů je ve své podstatě plně podřízeno jejich prioritnímu nasazení v hromadné a velkosériové výrobě. Jejich základním znakem je vysoká produktivita při malých nárocích na zastavěnou plochu a kvalitu obsluhy.

Druhá polovina devadesátých let přinesla jednak díky stále se zvyšující kvalitě rezných materiálů a ustálené konstrukci systémů rychle výměnných nástrojů seřiditelných mimo stroj na jedné straně, a vysoké produktivitě, kvalitě a spolehlivosti strojů na straně druhé, nové možnosti ve využití vícevřetenových automatů [11]. V této době byla hlavně snaha o rychlé přeseřazení stroje na jiný dílec, vyšší flexibilitu, zlepšení pracovních podmínek pro obsluhu, bezpečnostní a hygienické normy, a snížení dopadu z provozu na životní prostředí.



Obr. 1.3 – Příklad uspořádání šesti nezávislých křížových suportů [15]

Problematika programování NC strojů je velmi široká a podléhá neustálému vývoji, který probíhá především v oblasti vývoje CNC řídících systémů. Hlavní vývoj se směřuje na možnosti v programování. Samotní výrobci řídících systémů (Siemens, Fanuc, Bosch, Heidenhein), ale i výrobci obráběcích strojů používají své vlastní řídící systémy, které zlepšují obsluhu

stroje, a zároveň umožňují i tvorbu zcela nových NC programů přímo z panelu řídicího systému.

NC programem pro numericky řízený stroj rozumíme postupně zakódovaný údaj, který popisuje funkce a činnosti numericky řízeného stroje, které jsou nutné k výkonu naprogramovaného technologického úkonu. Při zápisu musíme respektovat syntaktické pravidla, které jsou specifické pro každý číslicově řízený systém [20].

1.6.1 Řídicí systém Siemens - Sinumerik

Možnosti programování CNC obráběcích strojů (Computer Numerical Control) se v dnešní době velice rychle vyvíjí. Mezi nejužívanější řídicí systémy obráběcích center je Sinumerik, jenž pochází od firmy Siemens. Siemens neustále přichází s novými funkcemi a možnostmi využití těchto systémů. Pod názvem Sinumerik se skrývá skupina řídicích systémů CNC. Každý produkt, patřící do této skupiny, komunikuje s uživatelem mnoha jazyky. Nabídka řídicích systémů Sinumerik obsahuje stávající vývojovou řadu se systémy 802, 810D, 840Di a 840D a novou vývojovou řadu s označením sl (solution line) 802D sl, 840Di sl a 840D sl.

Druhy řídicích systémů Sinumerik:

- SINUMERIK 802C/802S,
- SINUMERIK 802D,
- SINUMERIK 802D sl,
- SINUMERIK 810D,
- SINUMERIK 840Di,
- SINUMERIK 840Di sl,
- SINUMERIK 840D,
- SINUMERIK 840D sl.

SINUMERIK 840D

Řídicí systém SINUMERIK 840D je digitální systém vhodný prakticky pro všechny aplikace. Systém SINUMERIK 840D je systémová platforma s pokrokovými funkcemi pro téměř všechny technologie. Škálovatelnost hardwaru

a softwaru předurčuje SINUMERIK 840D pro použití v širokém spektru aplikací. Možné nasazení na strojích požadujících jednoduché polohovací funkce až ve složitých mnohaosých obráběcích centrech. Zvládne aplikace jako soustružení, vrtání, frézování, broušení, děrování a mnoho dalších.



Obr. 1.4 - Ovládací panel Sinumerik 840D

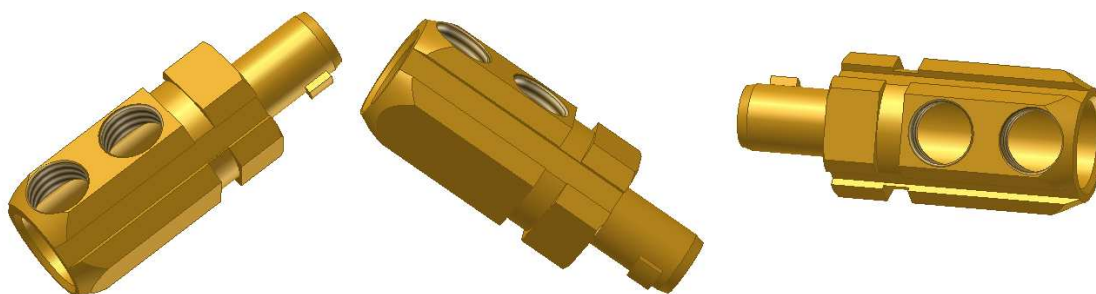
1.6.2 Postup při programování

Při programování musí programátor pro obrobení dané součástky vypracovat zdrojový program, který je vyjádřený programovacím jazykem. Vychází se z výkresu součástky a technologického postupu. Zdrojový program musí být zpracován tak, aby požadované instrukce byly srozumitelné pro NC stroj. Ovšem každý stroj má jiné výkony, rozměry, pracovní rozsahy, otáčky, posuvy, počet os. Například u obráběcích center je 5 pracovních os, vícevřetenové automaty mají klidně i 30 (a více) pracovních os. Výpočtový program obsahuje dvě samostatné části, procesor a postprocesor. Procesor zpracovává všechny informace obecného charakteru a cílem programu je připravit program, bez návaznosti na daný obráběcí stroj. Postprocesor zpracovává informace z geometrického a technologického procesoru s ohledem na konkrétní typ NC stroje. Hlídá si pracovní možnosti stroje, stanoví rozmístění nástrojů a určuje dráhy nástrojů.

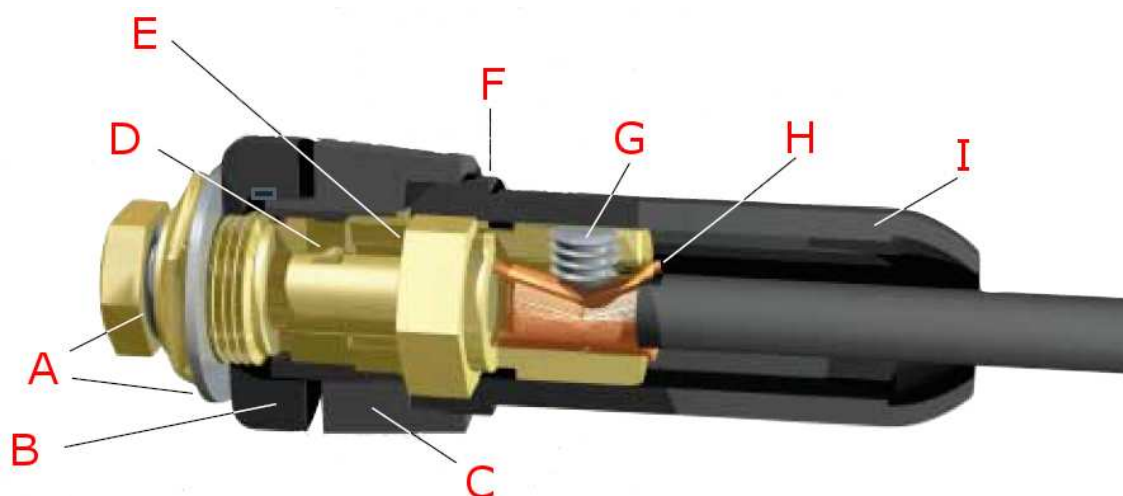
2. Problematika výroby na vícevřetenových obráběcích strojích

2.1 Popis součástí

Součást se vyrábí pro svařovací agregáty, kde slouží jako konektor pro připojení svařovacích kabelů. Konektor je izolovaný. Izolační materiál odvádí teplo a vlhko. Součást je vyráběna z materiálu Ot58, což je mosaz.



Obr. 2.1 - Konektor pro připojení svařovacích kabelů



Obr. 2.2 - Popis konektoru

- A proti-rotační podložka
- B zesílená izolace
- C izolační část delší než standardní pro lepší ochranu
- D lepší mechanický kontakt díky frézovanému zubu
- E prohlubeň pro snadné připojení
- F prach a vlhkost se nedostanou přes těsnění, rukojeť s kontaktem chráněna pevnou gumovou izolací
- G dvojité zajištění kabelu
- H konektor z mědi - prohlubeň pro snadnější použití a lepší elektrický kontakt
- I rukojeť vyrobená z vulkanizované pryže dle CE norem



(Výkres koncovky kabelu viz. Příloha č. 4)

2.2 TAJMAC-ZPS, a.s.

Dějiny strojírenské výroby začínají ve firmě BAŤA v roce 1903. Od roku 1950 se datuje nový název Závody přesného strojírenství (ZPS). V roce 2000 přechází společnost do vlastnictví italského majitele pana Andrei Tajariola a změnil se její název na TAJMAC-ZPS. a.s., který nese společnost v současné době.



Výrobní program společnosti TAJMAC-ZPS, a.s. se skládá z vysoce výkonných obráběcích center, CNC soustruhů, soustružnických center a ze světového hlediska špičkových dlouhotočných a vícevřetenových automatů. Stroje se uplatňují v nejnáročnějších průmyslových odvětvích na všech světových trzích a získaly si velmi dobrou pověst pro svoje vysoké technické parametry, přesnost a spolehlivost. Společnost TAJMAC-ZPS, a.s. je komplexní firma zabývající se vývojem a výrobou obráběcích strojů. Tím, že vlastní slévárenské prostory ZPS-Slévárna, a.s., které jsou ve výrobním areálu společnosti, disponuje koncentrovanou kapacitou zahrnující všechny etapy vývoje a výroby. TAJMAC-ZPS, a.s. zaujímá v ČR čelní postavení v oblasti výroby obráběcích strojů. Patří mezi největší české exportéry a zařazuje se do skupiny předních světových výrobců. Export představuje více než 80% roční produkce.[13]

2.3 MORI-SAY 8/42S

Nejúspěšnější představitel současné generace vačkových vícevřetenových automatů vyráběných v TAJMAC-ZPS, a.s. Je určen pro hromadnou a sériovou výrobu přesných součástí z tyčového materiálu. Charakteristikou koncepce je vysoká přesnost a tuhost při obrábění.

Každý podélný a příčný suport je ovládán samostatnou vačkou s možností nastavení zdvihu na kulise příslušného pohonu. Přesná aretace

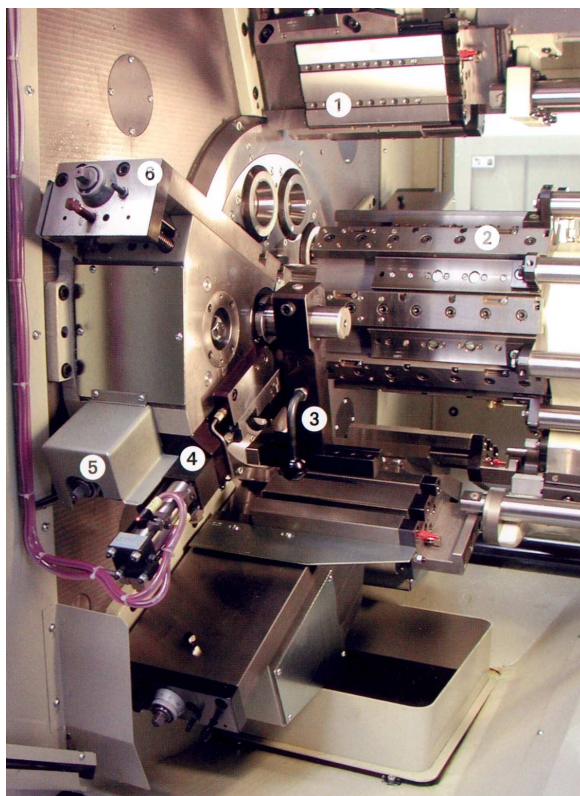
vřetenového bubnu je zajištěna trojicí věnců s čelním ozubením. Stroj je vybaven standardním vedením materiálu a může být doplněn o různé typy automatických nakladačů a automatických zásobníků materiálu. Stroj je schopen podávat a upínat i ve 4. poloze, což je vhodné hlavně při menší složitosti vyráběného dílce (i montáž dorazu materiálu do 4. polohy). Seřízení stroje se provádí na konkrétní součásti dle požadavků zákazníka.



Obr. 2.4 - Osmivřetenový soustružnický automat MORI-SAY 8/42S [14]

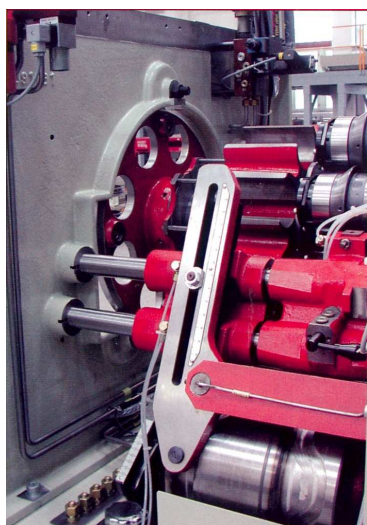
Tab. 2.1 – Technické parametry MORI-SAY 8/42S

Technické parametry MORI- SAY 8/42S	
počet vřeten [-]	8
max. průměr tyče [mm]	42
max. délka podání [mm]	125
otáčky vřeten [min^{-1}]	270 ÷ 3 200
hlavní motor [kW]	37
pracovní čas [s]	1,4 ÷ 90
ztrátový čas [s]	1 ÷ 1,3

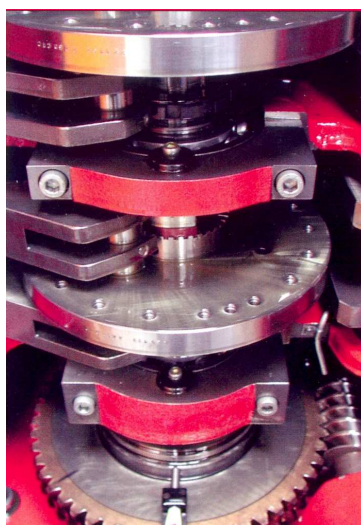


Obr. 2.5 - Pracovní prostor stroje

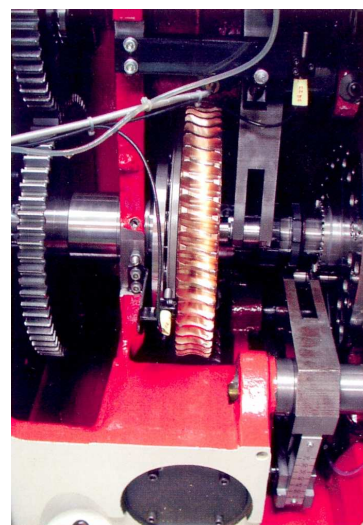
- 1- Křížový suport
- 2- Podélný suport
- 3- Doraz materiálu
- 4- Nástrojový suport pick-up
- 5- Upichovací suport
- 6- Příčný suport



Obr. 2.6 - Upínání a podávání materiálu



Obr. 2.7 - Pohony podélných suportů



Obr. 2.8 - Pohony příčných suportů

2.4 TMZ 6/42CNC

Pokrokové technické řešení, které je chráněno patentem, dovoluje nezávislé řízení otáček každého vřetena a přesné rozdělení výkonu na každý AC pohon vřetena v návaznosti na podmínky obrábění, požadované jednotlivými zákazníky. Současně absolutní nezávislost každého vřetena

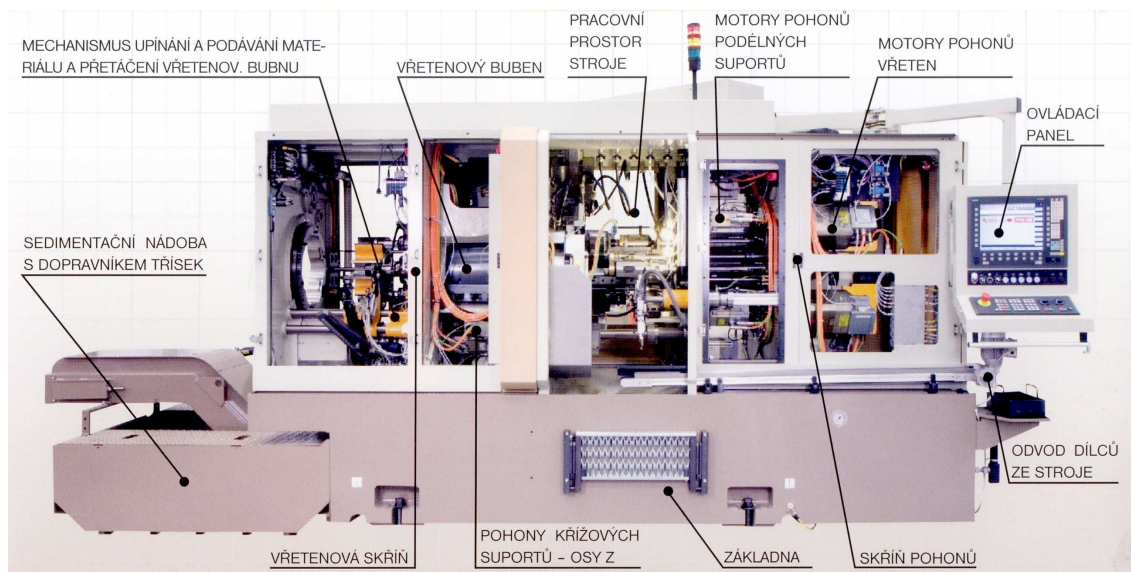
umožňuje využít mnoho způsobů obrábění, včetně operací, které vyžadují zastavení a orientaci vřeten. Pro usnadnění programování se využívá vlastní technologický software TMis. TMZ 6/42CNC je skutečné multifunkční obráběcí centrum. Stroj dosahuje vysoké přesnosti při hromadné a sériové výrobě. Tuhost stroje je srovnatelná s vačkovými stroji, navíc je stroj doplněn (oproti vačkovému stroji) modulem tepelných kompenzací, který ovlivňuje dilataci stroje.



Obr. 2.9 - Šestivřetenový soustružnický automat TMZ 6/42CNC [15]

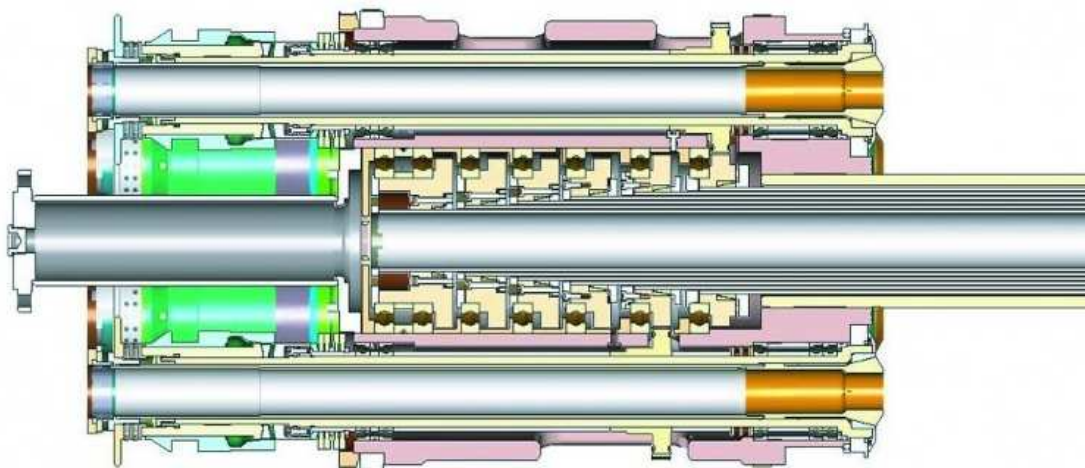
Tab. 2.2 – Technické parametry TMZ 6/42CNC

Technické parametry TMZ 6/42CNC	
počet vřeten [-]	6
max. průměr tyče [mm]	48
max. délka podání [mm]	150
otáčky vřeten [min^{-1}]	5000
jmenovitý výkon motoru vřetena [kW]	7
jmenovitý krouticí moment vřetena [Nm]	66,8
ztrátový čas [s]	0,7
počet podélných suportů [-]	6
počet křížových suportů [-]	6



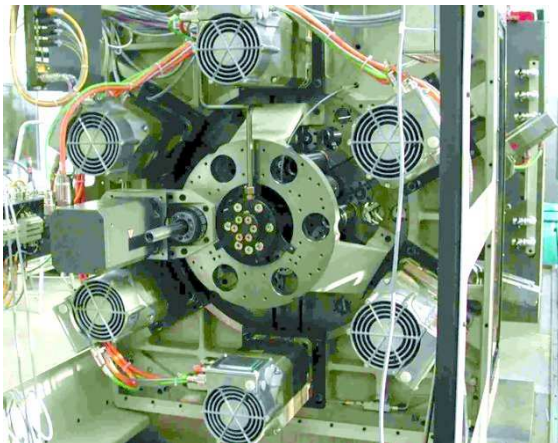
Obr. 2.10 - Popis částí TMZ 6/42CNC [15]

Stroje mají zcela ojedinělý způsob řešení pohonu jednotlivých vřeten. Nová konstrukce pohonné jednotky má celou řadu předností, zejména naprosto minimalizuje tepelné namáhání vřeten a současně zajišťuje absolutní pohybovou nezávislost každého vřeten. Centrální hřídele procházejí středem pracovního prostoru do vřetenového bubnu a přes ozubený převod pohánějí jednotlivá vřeten. S ohledem na odlišné technologické požadavky způsobu obrábění na jednotlivých vřetenech je tak každé vřeten ovládáno nezávislým pohonem. Nezávislé řízení otáček každého vřeten zvyšuje technologické využití stroje včetně operací vyžadujících zastavení a orientaci vřeten (lze využít i opačné otáčky) a obrábění při úhlovém natáčení vřeten. Z nejpřesnějšího prostoru stroje také zmizel velký zdroj tepla, který je pro každého výrobce obráběcích strojů velkým nepřítelem.

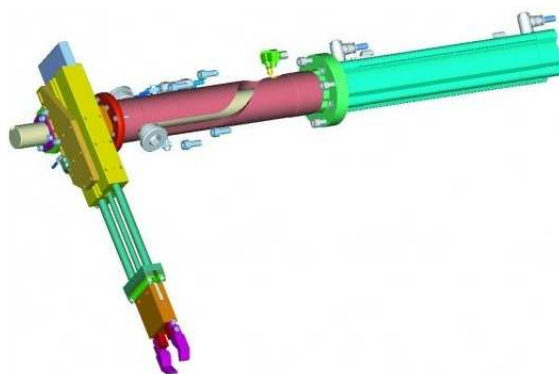


Obr. 2.11 - Vřetenový buben s pohonem šesti vřeten pomocí šesti koaxiálních hřídel [11]

Při aplikaci zvláštního příslušenství může stroj vyrábět najednou i dvě různé součásti. V porovnání s vačkovými stroji výrazným způsobem rozšiřuje technologické možnosti obrábění a flexibilitu výroby [12]. Pohon, pomocí něhož se přetáčí vřetenový buben - odjišťování, podávání, upínání jsou řešeny jedním AC motorem a vačkovými mechanismy.

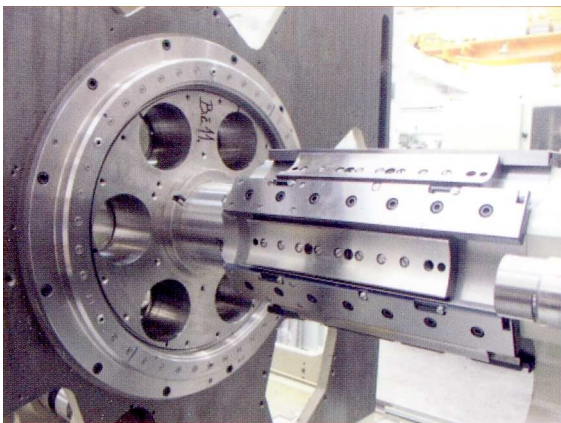


Obr. 2.12 - Motory pohonů vřeten [11]

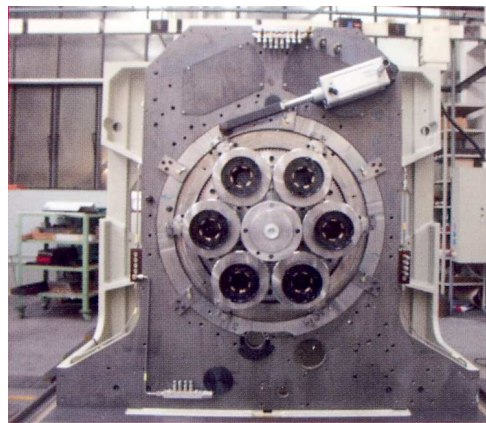


Obr. 2.13 – Manipulátor- odebrání hotových dílců [11]

Mezi hlavní výhody nových strojů je hlavně zrychlení přeseřiditelnosti, zvýšení přesnosti, zvýšení technologických možností stroje, zvýšení životnosti nástrojů a snížení neproduktivních časů. Stroje mohou mít až 44 řízených os.



Obr. 2.14 - Vřetenový buben (bez vřeten)-
těleso podélných suportů



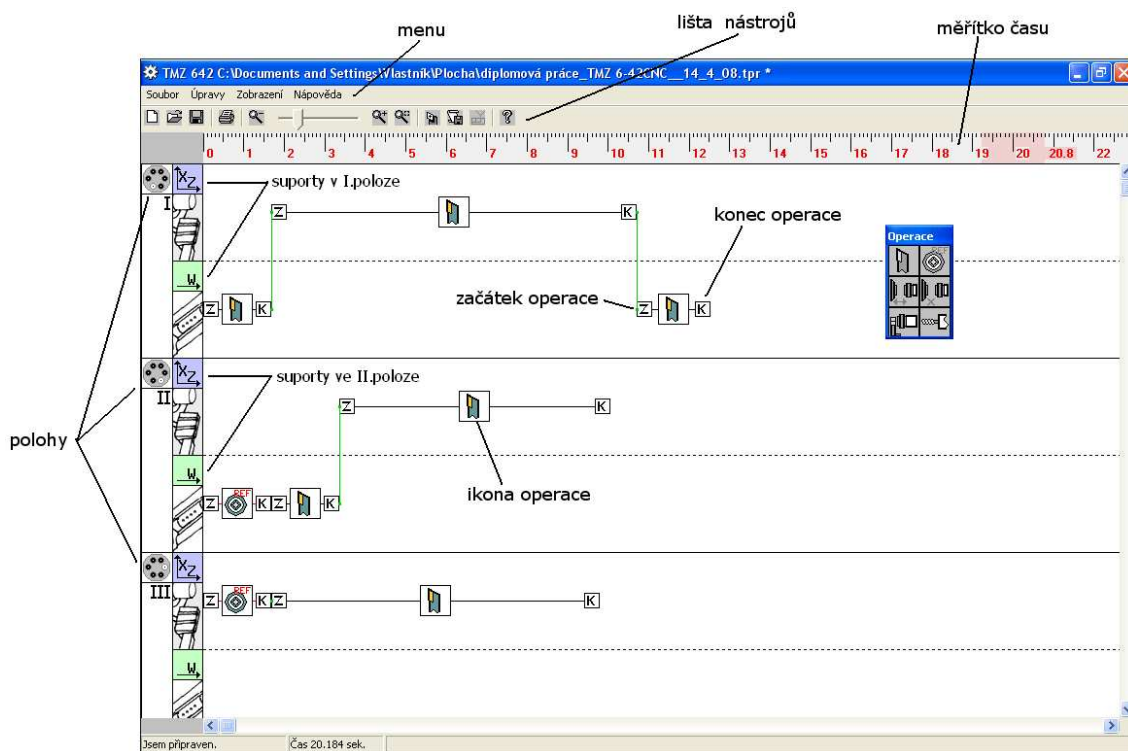
Obr. 2.15 - Vřetenová skříň
s vřetenovým bubnem

2.4.1 TMis

Program TMis je určen k vytvoření NC programů pro obrábění na jednotlivých stanicích stroje a časových synchronizací mezi pohyby jednotlivých suportů. Umožňuje také definovat použité nástroje a nastavit jejich parametry. Při spuštění programu TMis na panelu řídicího systému stroje dovoluje zjistit u

nástrojů délkové korekce, přenést vytvořené NC programy, parametry nástrojů a posunutí nulového bodu přímo do řídicího systému stroje. V NC programu lze využít všech možností programování, které nabízí řídicí systém SINUMERIK 840D - program usnadňuje programování složitého chodu stroje [17]. Program TMis dekoduje vložený NC program a vypočítává dráhu nástroje. Vypočtená dráha je zjednodušeně zobrazena v okně s náhledem dráhy. Z takto vypočtené dráhy potom počítá dobu obrábění. Pokud program TMis neumí NC program dekodovat, zobrazí o tom informační zprávu ve stavovém řádku a neznámý kód je zvýrazněn v editoru červenou barvou. To ale neznamená, že nelze takový kód použít. Záleží pouze na řídicím systému stroje, zda program bude rozumět. Program TMis v takovém případě nedokáže možná správně spočítat dobu obrábění, to ale nemusí vždy vadit. [18]

Hlavním úkolem programu TMis je časová synchronizace a řešení případných kolizí jednotlivých vřeten stroje s pracovnímu suporty. Dále díky programu můžeme optimalizovat výrobní časy a správně zvolit časový cyklus obrábění. V dnešní době se vyvíjí nový program pro simulaci 3D obrábění, který umožní lepší optimalizaci dráhy nástroje.



Obr. 2.16 - Vzhled pracovní plochy programu TMis

2.5 Automatický zásobník tyčí

Pro vícevřetenové stroje od firmy TAJMAC-ZPS, a.s. jsou vhodné automatické zásobníky od italské firmy Pietro Cucchi, která se zabývá výrobou těchto strojů v nejrůznějších provedení. U vícevřetenových automatů je výhodné nasazení automatického zásobníku. Při ručním nabíjení velmi znatelně klesne počet vyráběných kusů až o 20%, z důvodu neustalého dobíjení polotovaru do podavače. Také bude muset být neustále u stroje minimálně jeden pracovník, který bude práci vykonávat za stroj. Čím delší budou součásti, tím bude větší spotřeba polotovaru a tato výrobní ztráta bude nadále růst. Hlavní přednost při využití je dálková diagnostika (např. ovládání přes internet), která je možná pouze s automatickým zásobníkem. S využitím zásobníku se sníží celkový počet vyráběných kusů pouze o 5%. Výhoda těchto strojů je, že se vloží do automatického zásobníku hromada polotovarů pomocí jeřábu a tím tento proces končí; o zbytek (podávání, nabíjení) se stará automatický zásobník.



Obr. 2.17 - Automatický šestivřetenový zásobník Pietro Cucchi [19]

Tab. 2.3 – Vhodnosti zásobníku pro stroje od firmy TAJMAC-ZPS, a.s. Zlín

Vícevřetenový stroj	Typ automatického zásobníku
MORI-SAY 8/42S	Pietro Cucchi BNPB40
TMZ 6/42CNC	Pietro Cucchi PB52

Automatický zásobník je mimořádně přesný, spolehlivý, výkonný, ale také bezhlučný. Ovládání probíhá obdobně jako vícevřetenový automat pomocí systému Siemens. Tyč je nejen automaticky doplňována, ale i automaticky natlačena do dorazu vnitřkem vřetena.

Tab. 2.4 – Technické parametry automatického zásobníku

Technické parametry Pietro Cucchi	
rozměry tyčí	
- kruhové	6 ÷ 67 mm
- čtvercové	6 ÷ 45 mm
- šestihranné	6 ÷ 55 mm
délky tyčí	3200 ÷ 4900 mm
rychlost nabíjení	39 s

3. Návrh nové technologie výroby

Z předchozí kapitoly vyplývá, že výroba koncovky kabelu se bude provádět na vícevřetenových strojích od firmy TAJMAC-ZPS, a.s., která se specializuje na vývoj, výrobu a seřizování těchto strojů. Stroje jsou sice značně finančně nákladné, potřebují však minimální obsluhu a jejich životnost je velmi vysoká. Pokud se podaří získat zakázky o velký objemech výroby (nejlépe hromadná výroba), stroj bude velkým přínosem jak v rychlosti výroby, tak i z finančního hlediska.

Řešením této kapitoly je provést návrh výroby koncovky kabelu s využitím vícevřetenových automatů dvou druhů:

1. **Navrhnout nejvhodnější technologii výroby pro vačkový vícevřetenový stroj MORI-SAY.**
2. **Navrhnout nejvhodnější technologii výroby pro vícevřetenový numericky řízený stroj TMZ.**

3.1 První varianta

Tento způsob výroby je prováděn na osmivřetenovém vačkovém stroji MORI-SAY 8/42S. Využiji osmivřetenového stroje z důvodu složitosti součástí, jelikož šestivřetenový stroj nebude mít dostatek poloh pro nástroje, dále by se nám také zbytečně prodlužoval výrobní čas. I do budoucna pro výrobu jiných součástí to bude výhodnější - budeme moci využít stroj pro složitější součásti. Nevýhodou využití vačkového stroje je budoucí změna technologie, kdy změna na jinou technologii bude značně dlouhá a bude dosahovat zhruba jednoho týdne, z důvodu výroby vaček a složitějšího přeseřazení stroje. Pokud půjde o celkové přeseřazení na zcela odlišnou součást, tato doba bude i dva až tři týdny.

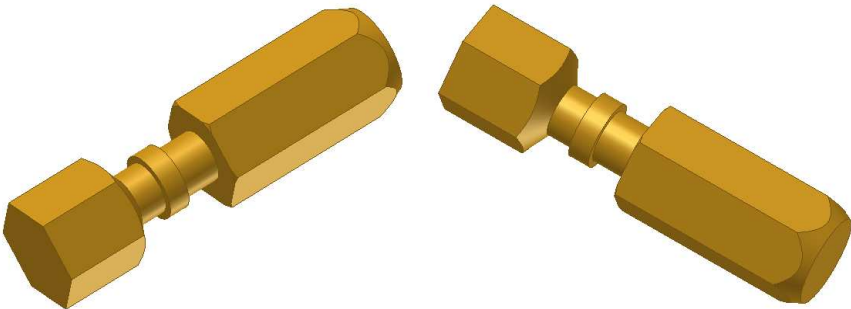
3.1.1 Technologický postup - první varianta

Formulář upraven a doplněn pro potřeby této práce.

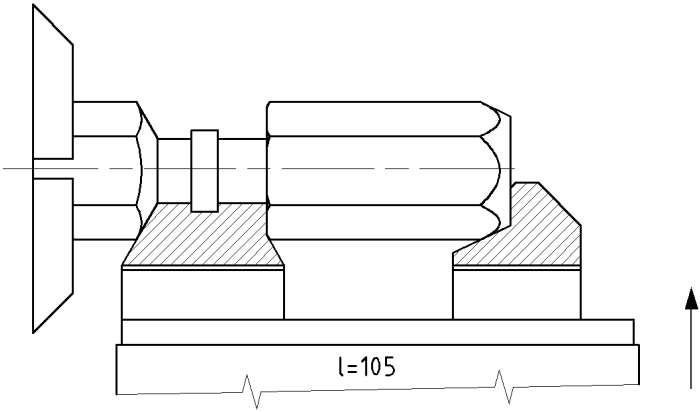
MORI-SAY 8/42S - 1/2	MORI-SAY 8/42S	koncovka kabelu		
Číslo výkresu	Stroj	Název součásti	Zakázkové-pořadové číslo	

TECHNOLOGICKÝ POSTUP varianta 1				
Bc. Adam JANÁSEK	2009	Ot 58	SW24h11x4000	tyč šestihránná
Vystavil	Datum	Druh materiálu	Rozměr-polotovar	Poznámka

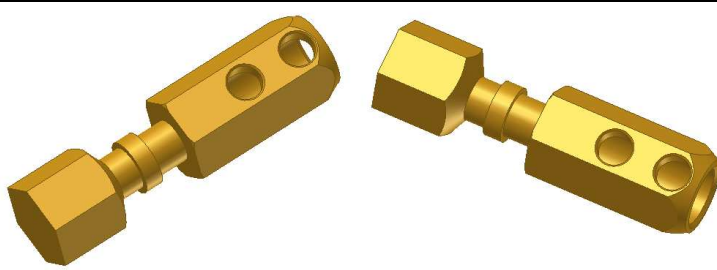
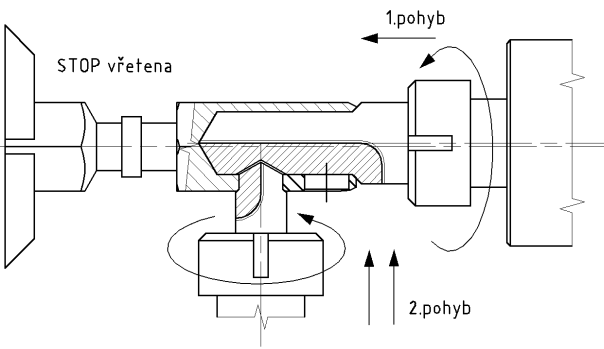
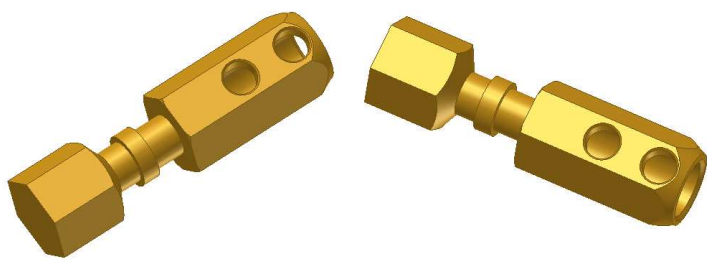
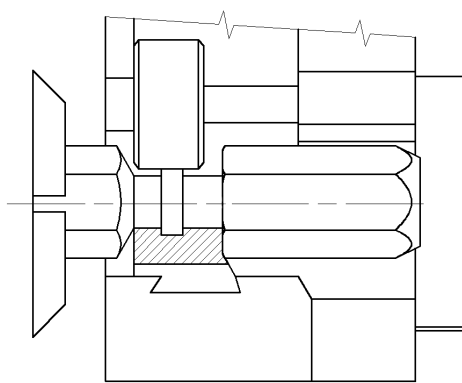
Vřeteno	Popis práce	Nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	Čas (t _c)
1	Upne		$n = 2000 \text{ min}^{-1}$ $l = 7 \text{ mm}$ $f = 0,05 \text{ mm}$	4,2s
	Sražení Ø 22/25°	Tvarový nůž PWP (222044H, 222044)		
	Zápich (2x) Ø13, tvarová pl. Ø16,4	Tvarový nůž PWP (222045H, 222045)		

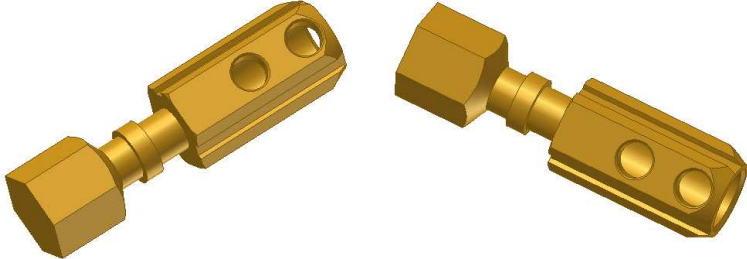
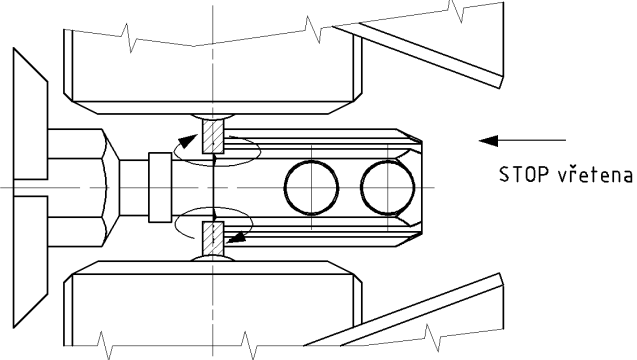
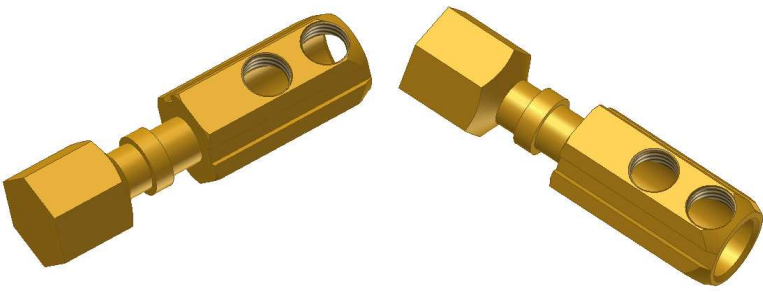
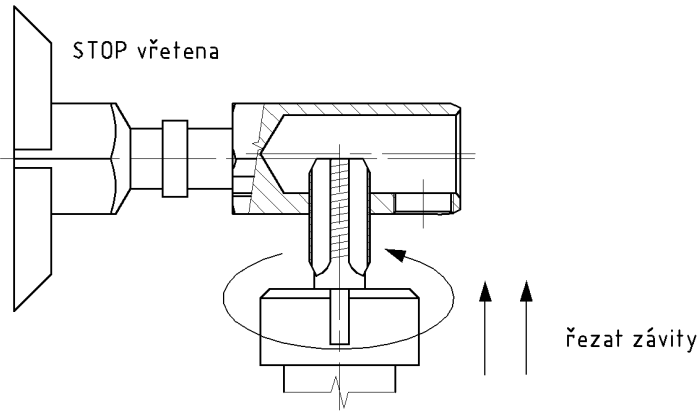


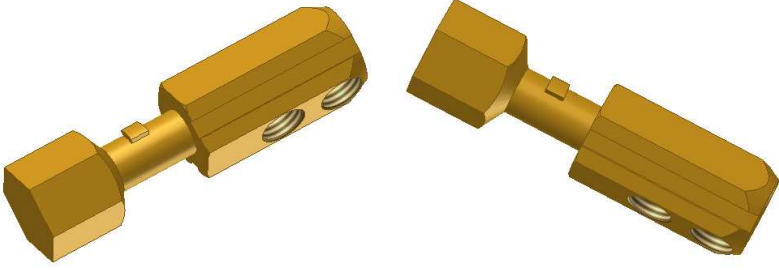
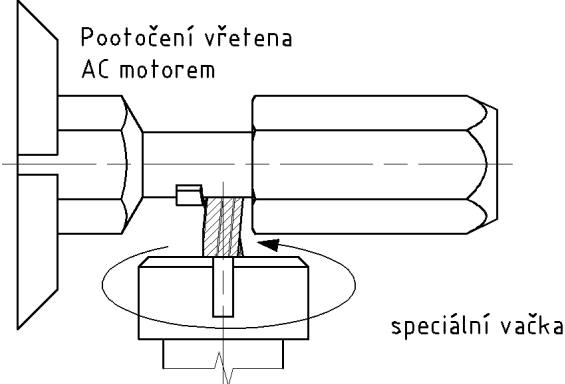
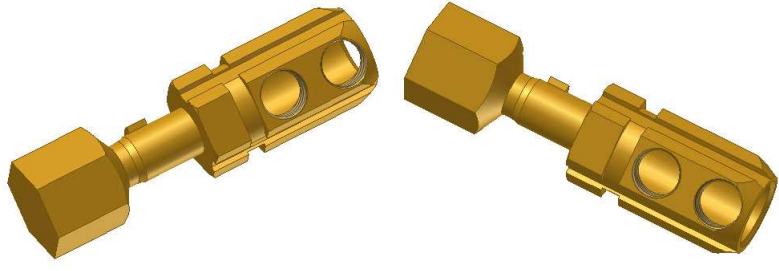
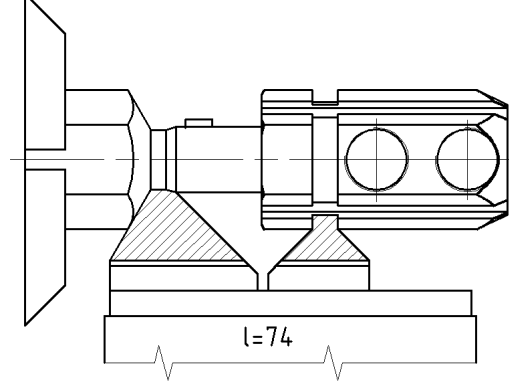
Obr. 3.1 - 3D model - 1. vřeteno

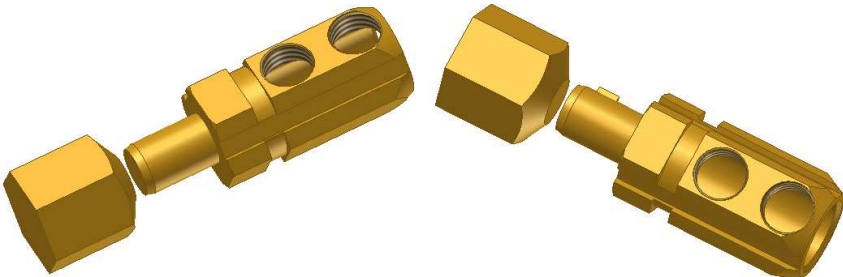
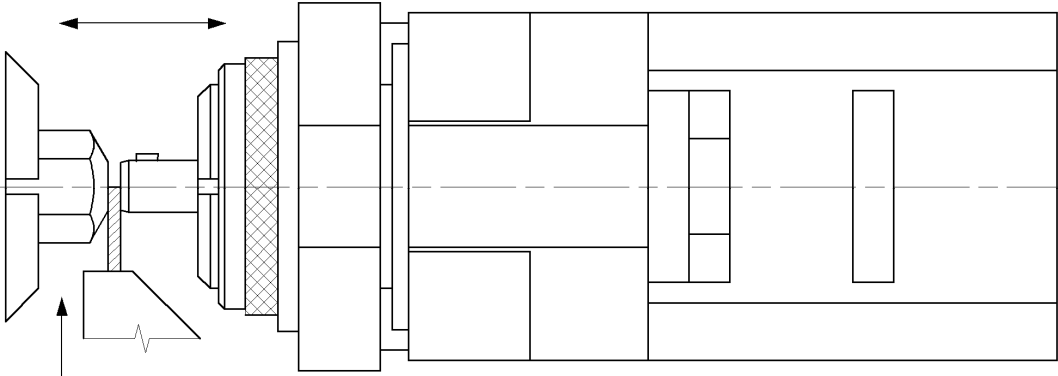


Obr. 3.2 - 2D model - 1. vřeteno

Vřeteno	Popis práce	Nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	Čas (t _c)
2	Vrtat Ø17	ISCAR DCM 170-060-17B-3.5D+CHAMRING 170-WN32-09	n =2000min ⁻¹ l =42mm f =0,2mm	6,9s
	Vrtat (2x) Ø10 - STOP vřetena	Tvarový nůž PWP (222047H, 222047)		
<div></div> <div>Obr. 3.3 - 3D model - 2. vřeteno</div> <div></div> <div>Obr. 3.4 - 2D model - 2. vřeteno</div>				
3	Zápich (2x) Ø13, tvarová pl. Ø16,4 - tečná kalibrace (tam i zpět)	Tvarový nůž PWP (222046H, 222046)	n =2000min ⁻¹ l =20mm f =0,15mm	4,0s
<div></div> <div>Obr. 3.5 - 3D model - 3. vřeteno</div> <div></div> <div>Obr. 3.6 - 2D model - 3. vřeteno</div>				

Vřeteno	Popis práce	Nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	Čas (t _c)
4	Frézovat drážky (2x) š=5, l=49 - STOP vřetena	WNT HSS-E Co 8 TiXL 50 099 050	$n = 8000 \text{ min}^{-1}$ $l = 110 \text{ mm}$ $f_z = 0,1 \text{ mm}$	8,8s
 <p>Obr. 3.7 - 3D model - 4. vřeteno</p>  <p>Obr. 3.8 - 2D model - 4. vřeteno</p>				
5	Řezat závit (2x) M12 x 1,75 - STOP vřetena	WNT AMPCD 22031120	$n = 200 \text{ min}^{-1}$ $l = 20 \text{ mm}$ $f = 1,75 \text{ mm}$	6,0s
 <p>Obr. 3.9 - 3D model - 5. vřeteno</p>  <p>Obr. 3.10 - 2D model - 5. vřeteno</p>				

Vřeteno	Popis práce	Nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	Čas (t _c)
6	Frézovat tvarovou plochu 1,7x5,7/zkosení 5°	WNT HSS-E Co 8 DIN 69844 50 120 080	n = 6000 min ⁻¹ l = 51 mm f _z = 0,1 mm	5,1 s
 <p>Obr. 3.11 - 3D model - 6. vřeteno</p>  <p>Obr. 3.12 - 2D model - 6. vřeteno</p>				
7	Zápich Ø23 Předpich pro upichnutí 3, sražení 2x15°	Tvarový nůž PWP (222048H, 222048) Tvarový nůž PWP (222049H, 222049)	n = 2000 min ⁻¹ l = 7 mm f = 0,07 mm	3,0 s
 <p>Obr. 3.13 - 3D model - 7. vřeteno</p>  <p>Obr. 3.14 - 2D model - 7. vřeteno</p>				

Vřeteno	Popis práce	Nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	Čas (t _c)
8	Úpich - Pick Up	PRAMET XLCFR/L 2520K03+LFUX 030802TN	n = 2000 min ⁻¹ l = 8 mm f = 0,11 mm	2,2s
 <p>Obr. 3.15 - 3D model - 8. vřeteno</p>  <p>Obr. 3.16 - 2D model - 8. vřeteno</p>				
Celkový čas			(8,8+1)=	9,8s

(Navržený technologický postup pro první variantu na stroji MORI-SAY 8/42S viz. Příloha č. 1)

3.1.2 Nástroje pro 1. variantu (MORI-SAY 8/42S)

Formulář upraven a doplněn pro potřeby této práce.

Vřeteno	Nástroj	Cena za 1 kus (€)
1	222044H - schwanog PWP-Grundkörper vorprofiliert GS 32/H34/B14/T34/0°5mm (1ks - 104,60€)	104,60
	222044 - schwanog Profilovaná PWP vyměnitelná destička 15x5x26,5 Granit 80 (3ks – 49,40€), (10ks – 45,00€)	45,00
	222045H – schwanog PWP-Grundkörper vorprofiliert GS 32/H34/B25/T34/0°5mm (1ks - 116,50€)	116,50
	222045 - schwanog Profilovaná PWP vyměnitelná destička 25x5x26,5 Granit 80 (3ks – 70,20€), (10ks – 63,90€)	63,90
2	222047H – schwanog PWP - držák destičky pro vrtání D12x60 pro 15x3x26,5 – 25x3x26,5 profilovaná (1ks - 132,50€)	132,50
	222047 – schwanog PWP - vyměnitelná destička pro vrtání 15x3x26,5 Granit 2000 (3ks – 39,60€), (10ks – 36,00€)	36,00
	ISCAR DCM 170-060-17B-3.5D	268,30
	ISCAR CHAMRING 170-WN32-09	248,40
3	222046H – schwanog PWP - kalibrační držák profilovaná AWN28/5°B18/H30 (1ks - 174,80€)	174,80
	222046H – schwanog Profilovaná PWP vyměnitelná destička 19x8x26,5 Granit 100 (3ks – 84,60€), (10ks – 77,00€)	77,00
4	WNT HSS-E Co 8 TiXL 50 099 050	20,11
5	WNT AMPCD 22031120	63,40
6	WNT HSS-E Co 8 DIN 69844 50 120 080	31,85

Vřeteno	Nástroj	Cena za 1 kus (€)
7	222048H – schwanog PWP-Grundkörper vorprofiliert GS 32/H34/B14/T34/0°5mm (1ks – 104,60€)	104,60
	222048 – schwanog Profilovaná PWP vyměnitelná destička 13x5x26,5 Granit 80 (3ks – 43,40€), (10ks – 39,50€)	39,50
	222049H – schwanog PWP-Grundkörper vorprofiliert GS 32/H34/B14/T34/0°5mm (1ks – 104,60€)	104,60
	222049 – schwanog Profilovaná PWP vyměnitelná destička 13x5x26,5 Granit 80 (3ks – 43,40€), (10ks – 39,50€)	39,50
8	PRAMET XLCFR/L 2520K03	56,60
	PRAMET LFUX 030802TN (10ks – 6,85€)	0,69

3.2 Druhá varianta

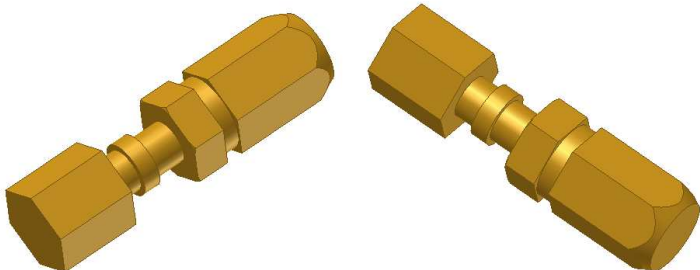
Tento způsob výroby je prováděn na šestivřetenovém numericky řízeném stroji TMZ 6/42CNC. U druhé varianty výroby využijeme šestivřetenový stroj. Složitost dílce je dostačující pro využití šesti vřeten, protože numericky řízeným strojem jsem schopený jedním soustružnickým nožem obrobit složitější tvary než u vačkového stroje, u kterého je třeba využít několika tvarových nástrojů (CNC technologie je schopna sdružit několik pracovních poloh do jedné). Velkou výhodou stroje také je, že může pracovat až ve 44 pracovních osách. Využitím šesti vřeten také snížíme celkové pořizovací náklady na stroj. Velkou výhodou této varianty pro numericky řízený stroj je budoucí změna technologie, kdy přeseřízení na podobnou technologii bude trvat několik minut (pokud neuvažujeme změnu příslušenství).

3.2.1 Technologický postup - druhá varianta

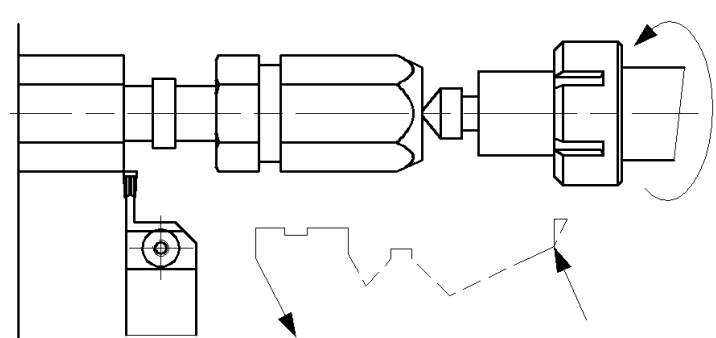
Formulář upraven a doplněn pro potřeby této práce.

TMZ 6/42CNC – 1/2	TMZ 6/42CNC	koncovka kabelu		
Číslo výkresu	Stroj	Název součásti	Zakázkové-pořadové číslo	
TECHNOLOGICKÝ POSTUP varianta 2				
Bc. Adam JANÁSEK	2009	Ot 58	SW24h11x4000	tyč šestihranná
Vystavil	Datum	Druh materiálu	Rozměr-polotovar	Poznámka

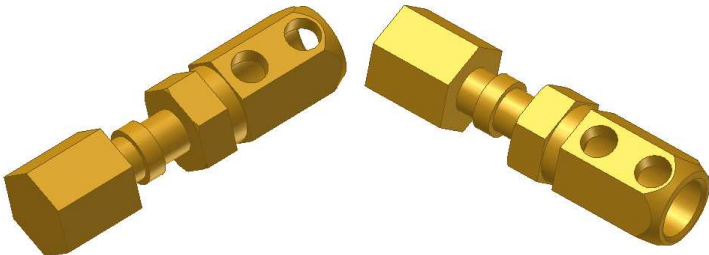
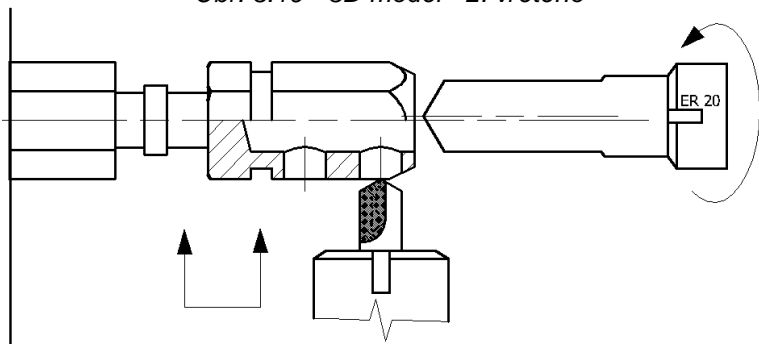
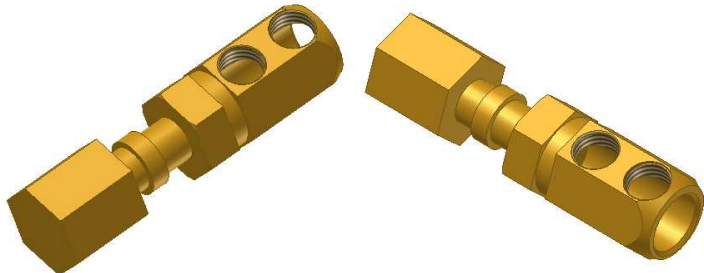
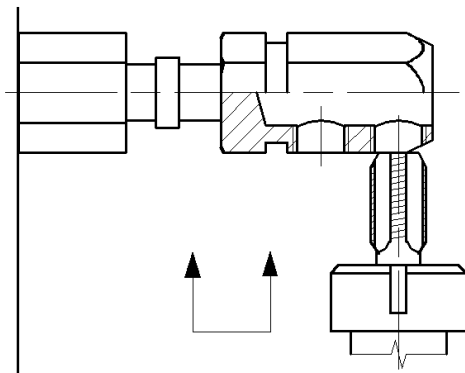
Vřeteno	Popis práce	Nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	Čas (t _c)
1	Upne	PRAMET GFIR 2020 K03+ LCMF 0316 02-M	n = 3000 min ⁻¹ f = 0,2 mm	11,5s
	Sražení Ø 22/25°			
	Zápich Ø23			
	Zápich (2x) Ø13, tvarová pl. Ø16,4			

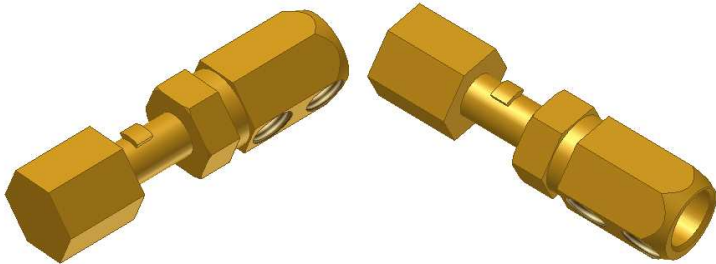
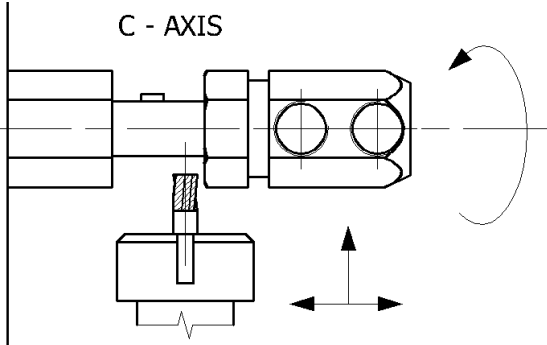
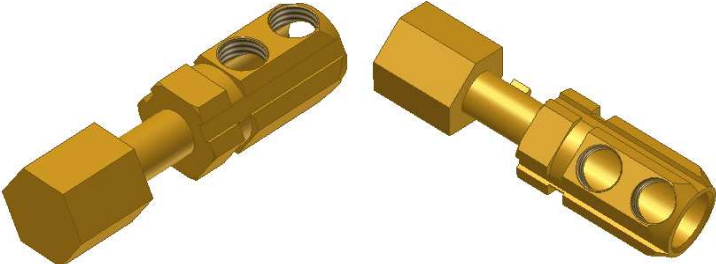
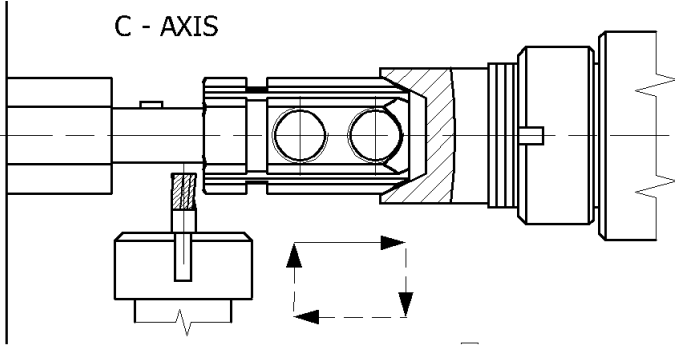


Obr. 3.17 - 3D model - 1. vřeteno

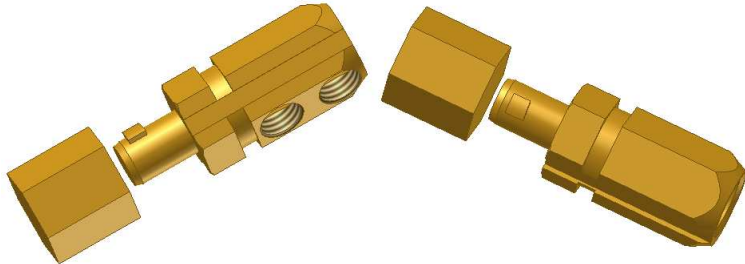


Obr. 3.18 - 2D model - 1. vřeteno

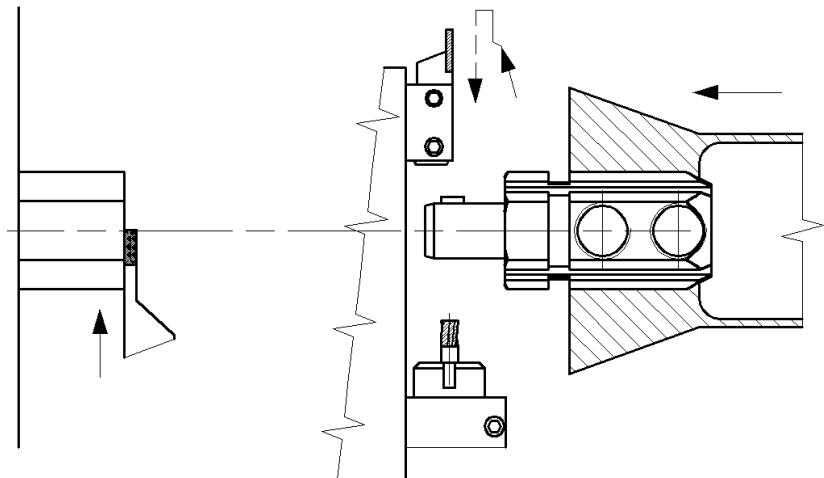
Vřeteno	Popis práce	Nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	Čas (t _c)
2	Vrtat Ø17	ISCAR DCM 170-060-17B-3.5D+ CHAMRING 170-WN32-09	n =3500min ⁻¹ f =0,18mm	7,4s
	Vrtat (2x) Ø10 - STOP vřetena	Tvarový nůž PWP (222047H, 222047)	n =4000min ⁻¹ f =0,087mm	
<div></div> <div><p>Obr. 3.19 - 3D model - 2. vřeteno</p></div> <div><p>Obr. 3.20 - 2D model - 2. vřeteno</p></div>				
3	Řezat závit (2x) M12 x 1,75 - STOP vřetena	WNT AMPCD 22031120	n =200min ⁻¹ f =1,75 mm	8,3s
<div></div> <div><p>Obr. 3.21 - 3D model - 3. vřeteno</p></div> <div><p>Obr. 3.22 - 2D model - 3. vřeteno</p></div>				

Vřeteno	Popis práce	Nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry	Čas (t _c)
4	Frézovat tvarovou pl. 1,7x5,7+ sražení 5°	WNT HSS-E Co8 DIN 69844 50 120 070	$n = 6600 \text{ min}^{-1}$ $f_z = 0,167 \text{ mm}$ $f_z = 0,058 \text{ mm}$ $f_z = 1,03 \text{ mm}$ $f_z = 0,258 \text{ mm}$	12,5s
 <p>Obr. 3.23 - 3D model - 4. vřeteno</p> <p>C - AXIS</p>  <p>Obr. 3.24 - 2D model - 4. vřeteno</p>				
5	Frézovat drážky (2x) š=5, l=49 - STOP vřetena	WNT HSS-E Co8 Ti100XL 50 099 050	$n = 6000 \text{ min}^{-1}$ $f_z = 0,7 \text{ mm}$	8,1s
 <p>Obr. 3.25 - 3D model - 5. vřeteno</p> <p>C - AXIS</p>  <p>Obr. 3.26 - 2D model - 5. vřeteno</p>				

Vřeteno	Popis práce	Nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry (v _c , f, a _p)	Čas (t _c)
6	Úpich - Pick Up	PRAMET XLCFR/L 2520K03+ LFUX 030802TN	n =3000min ⁻¹ f =0,5mm	19,2s
	Frézovat hrany- tvarová plocha	WNT HSS-E Co8 DIN844 Ti100XL 50 176 040	n =8000min ⁻¹ f _z = 0,4mm f _z = 0,5mm f _z =0,367mm	
	Sražení 2x15°+p řejet hranu	PRAMET XLCFN 2601 J2.00+ LFMX 2.00-0.16 SN-M2	n =3000min ⁻¹ f =0,15mm f =0,18mm f =0,5mm	



Obr. 3.27 - 3D model - 6. vřeteno



Obr. 3.28 - 2D model - 6. vřeteno

Celkový čas	(19,2+1,6)= 20,8s
-------------	-------------------

(Navržený technologický postup pro druhou variantu na stroji TMZ 6/42CNC viz. Příloha č.2)

3.2.2 Nástroje pro 2. variantu (TMZ 6/42CNC)

Formulář upraven a doplněn pro potřeby této práce.

Vřeteno	Nástroj	Cena za 1 kus (€)
1	PRAMET GFIR 2020 K03	87,15
	PRAMET LCMF 0316 02-M (10ks - 15,48€)	1,55
2	ISCAR DCM 170-060-17B-3.5D	268,30
	ISCAR CHAMRING 170-WN32-09	248,40
	222047H - schwanog PWP - držák destičky pro vrtání D12x60 pro 15x3x26,5 - 25x3x26,5 profilovaná (1ks - 132,50€)	132,50
	222047 – schwanog PWP - vyměnitelná destička pro vrtání 15x3x26,5 Granit 2000 (3ks - 39,60€), (10ks - 36,00€)	36,00
3	WNT AMPCD 22031120	63,40
4	WNT HSS-E Co8 DIN 69844 50 120 070	35,48
5	WNT HSS-E Co8 Ti100XL 50 099 050	20,11
6	PRAMET XLCFR/L 2520K03	56,60
	PRAMET LFUX 030802TN (10ks - 6,85€)	0,69
	WNT HSS-E Co8 DIN844 Ti100XL 50 176 040	29,78
	PRAMET XLCFN 2601 J2.00	54,19
	PRAMET LFMX 2.00-0.16 SN-M2 (10ks - 6,48€)	0,65

3.2.3 TMis

Vypočtená dráha je zjednodušeně zobrazena v okně s náhledem dráhy. Toto zobrazení nemusí odpovídat skutečné délce operací, skutečná doba cyklu se zjistí z jednotlivých operací při programování.

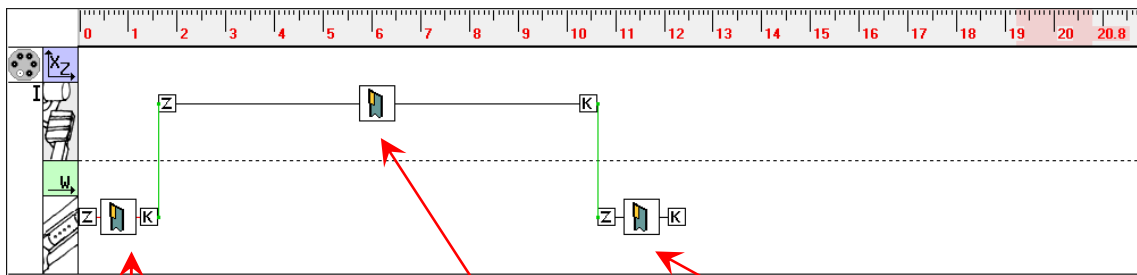
Materiál

Průměr	24,000mm
Tvar:	čtyřhran
Vzdálenost dorazu materiálu:	91,500mm
Délka dílce:	68,000mm
Délka cyklu:	19,2 (+ 1,6) = 20,8s

Počáteční otáčky vřeten (1/min)

Poloha	Hlavní vřeteno (SP)	Protivřeteno (SO)	Pomocné vřeteno (STO)
I	3000,000	--	--
II	100,000	--	--
III	100,000	--	--
IV	100,000	--	--
V	100,000	--	--
VI	100,000	100,000	--

Bezpečné a zadní polohy suportů		WCS	MCS	Zadní p.
I	Suport XZ_1 (T11 D1)	X = 30,000mm Z = 10,000mm	X1 = 30,000mm Z1 = 101,000mm	160,000mm 4,000mm
	Suport W_1 (T21 D1)	W = 201,000mm	W1 = 292,000mm	245,00mm
II	Suport XZ_2 (T12 D2)	X = 30,000mm Z = -26,000mm	X2 = 10,000mm Z2 = 75,000mm	160,000mm 4,000mm
	Suport W_2 (T22 D1)	W = 40,000mm	W2 = 131,000mm	245,000mm
III	Suport XZ_3 (T13 D1)	X = 40,000mm Z = -26,000mm	X3 = 40,000mm Z3 = 65,000mm	160,000mm 4,000mm
	Suport W_3		W3 = 245,000mm	245,000mm
IV	Suport XZ_4 (T14 D1)	X = 80,000mm Z = 20,000mm	X4 = 80,000mm Z4 = 116,000mm	160,000mm 4,000mm
	Suport W_4 (T24 D1)	W = 201,000mm	W4 = 292,000mm	245,000mm
V	Suport XZ_5 (T15 D1)	X = 80,000mm Z = 20,000mm	X5 = 80,000mm Z5 = 116,000mm	160,000mm 4,000mm
	Suport W_5 (T25 D1)	W = 30,000mm	W5 = 121,000mm	245,000mm
VI	Suport XZ_6 (T16 D1)	X = 72,000mm Y = 1,000mm Z = 186,000mm	X6 = 72,000mm Y6 = 1,000mm Z6 = 342,000mm	155,000mm 101,000mm 245,000mm
	Suport Z_6 (T26 D1)	Z = 186,000mm	Z6 = 342,000mm	245,000mm
	Suport U_6 (T36 D1)	U = 50,000mm Z = 186,000mm	U6 = 50,000mm Z6 = 342,000mm	135,000mm 245,000mm

1. poloha:

Suport W_1, Poloha I
OP_011, Příjezd

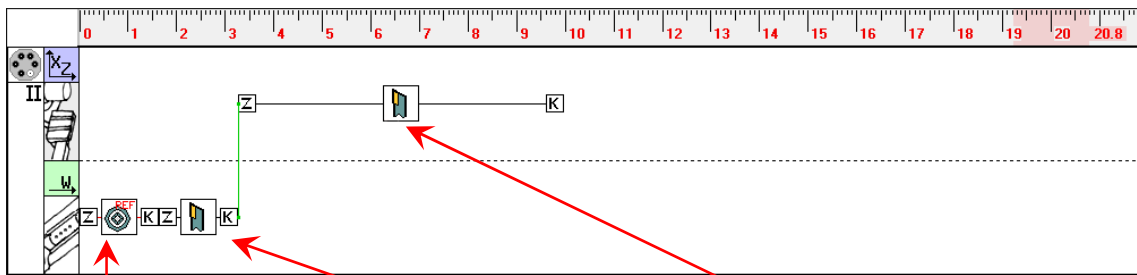
G54 T21 D1
 G0 W2
 G1 W-2 F1

Suport XZ_1, Poloha I
OP_001, Soustružit tvar

T11 D1
 G0 Z0 X26
 G1 Z0 X14 F0.2
 G0 Z1 X14
 G0 Z1 X21.53369234
 G1 Z-6.43352076 X25
 G0 Z-36.8 X25
 G1 Z-36.8 X23
 G1 Z-38.8 X23
 G1 Z-38.8 X25
 G0 Z-51 X25
 G1 Z-52 X23.26794919
 G1 Z-52 X17
 G1 Z-71 X17
 G1 Z-71 X25
 G0 Z-52 X25
 G1 Z-52 X13
 G1 Z-58.8 X13
 G1 Z-58.8 X16.4
 G1 Z-67.1 X16.4
 G1 Z-67.1 X13
 G1 Z-71 X13
 G1 Z-71 X25
 G0 Z10 X60

Suport W_1, Poloha I
OP_012, Odjezd

T21 D1
 G0 W70 S1=100
 M1=3

2. poloha:
Suport W_2, Poloha II
OP_013, Referování hlavního vřetene

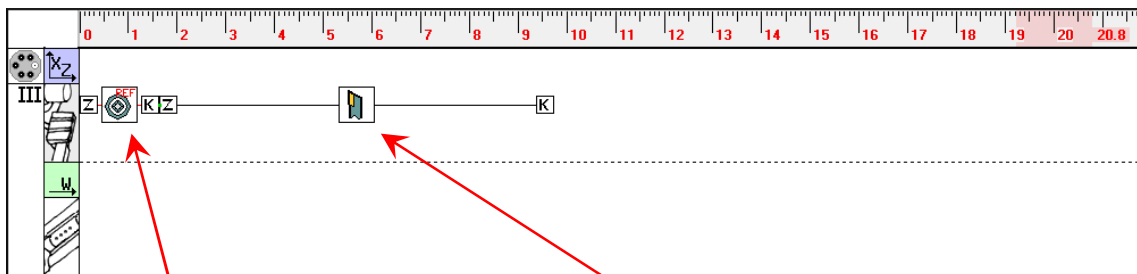
SETMS(1)
 REF_SPI
 M3
 R60=R80
 G4 F0.01
 M1=5

Suport W_2, Poloha II
OP_002, Vrtat díru Ø17

T22 D1
 setms(2)
 S2=3500 M2=3
 G0 W1
 G1 W-10 F0.18
 G0 W1
 G1 W-20
 G0 W-15
 G1 W-30
 G0 W-25
 G1 W-38
 G0 W1

Suport XZ_2, Poloha II
OP_003, Vrtat díry 2x

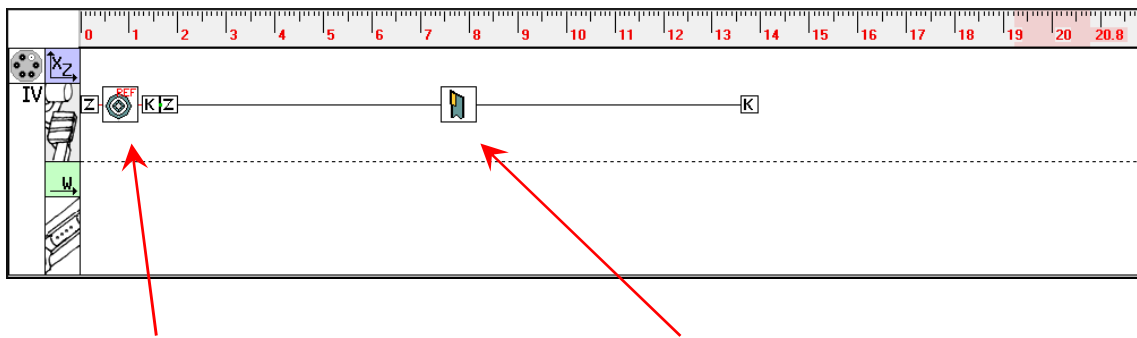
G94 T12 D2
 SPOS[1]=0
 S3=4000 M3=4
 G0 X28 Z-26
 CYKLUS:
 G1 X11 Z-26 F150
 G0 X25 Z-26
 G0 X25 Z-8
 G1 X11 Z-8
 G0 X25 Z-8
 M3=5
 G0 X60 Z-26

3. poloha:
Suport XZ_3, Poloha III
OP_015, Referování hlavního vřetene

SETMS(1)
 REF_SPI
 M3
 R60=R80
 G4 F0.01
 M1=5

Suport XZ_3, Poloha III
OP_010, Závity 2x

G94 T13 D1
 SPOS[1]=0
 G0 X28 Z-26
 G1 X27 Z-26 S200 F1000 M3
 G63 X8 Z-26 F350
 G63 X27 M4
 G0 X28 Z-26
 G0 X28 Z-8
 G1 X27 Z-8 S200 F1000 M3
 G63 X8 Z-8 F350
 G63 X27 M4
 G0 X28 Z-8
 G0 X80 Z60

4. poloha:**Suport XZ_4, Poloha IV**OP_016, Referování hlavního vřetene

SETMS(1)
 REF_SPI
 M3
 R60=R80
 G4 F0.01
 M1=5

Suport XZ_4, Poloha IVOP_019, frézovat zoubek

T14D1 G54
 G0 Z-54.5 X60
 S3=6600 M3=3
 SPOS=AC(3.5)
 G0 X15 G94 F1100 G64
 G1 X8
 G1 Z-64.3
 G1 Z-61.5 F1100; PRVNI PREROVNANI
 G1 SP=ACN(1.5)
 G1 SP=ACN(351.5) X6.2 F380
 G1 Z-64.5 F1100 G94
 G1 Z-56
 G1 Z-61.5
 G1 SP=ACN(329.9) X0 F380
 G1 Z-66.8 F1100
 G1 SP=ACP(339.9) F6800
 G1 SP =ACN(329.9) F6800
 G1 Z-56 F1100
 G1 SP =ACP(339.9) F6800
 G1 SP =ACN(329.9) F6800
 G1 Z-61.5 F1100; DRUHE PREROVNANI
 G1 SP =ACN(85.9) F6800
 G1 SP =ACN(65.3) X-6.2 F380
 G1 Z-64.5 F1100
 G1 Z-56
 G1 Z-61.5
 G1 SP =ACN(55.3) X-8 F380
 G1 Z-64.5 G94 F1100
 G1 Z-67
 G1 SP =ACN(45.3) F6800
 G1 SP =ACP(55.3) F6800
 G1 Z-56 F1100
 G1 SP =ACN(45.3) F6800
 G1 SP =ACP(55.3) F6800
 G1 Z-61.5 F1100
 G1 Z-55.48
 G1 SP =ACP(65.3) F6800
 G1 SP=ACN(60.3) F6800
 G1 X0 F1100
 G1 SP=ACN(9.7) Z-54.66 F50
 G1 X8 F1700
 G0 X145
 Z-54.5 G60
 M3=5

Suport XZ_5, Poloha V
OP_022, Drážka B frézovat

G94 T15 D1
S3=6000 M3=3
G0 X26 Z-55
G0 X21 Z-55
G1 X21 Z6 F4200
G0 X70
M3=5

Suport W_5, Poloha V
OP_023, Odjazd pružiny

T25 D1
G1 W0

Suport W_5, Poloha V
OP 025, Odjazd pružiny

T25 D1
G0 W30

M2=5 G64
G94 G500 G71 T0 D0
G0 Z=AC(+234.500+_PD2-
_PD4+\$TC_DP4[26,1]+4.000+0.000) M101
M113
M102
G1 Z=IC(-9.000) F2000
M103
M154
G0 Z=IC(_PD4+3.000)
M120
M112
M119
G54 G71 G0 G95 F0.500



Suport U_6, Poloha VI
OP_005, Upichnutí

G1 U-1 F0.2
COUPOF(S2,S1)
spcof(2)
spcof(1)
G0 Z200



Suport U_6, Poloha VI
OP_006, Upichnutí odjezd

G0 U28

(Navržený NC program TMZ642 pro druhou variantu na stroji TMZ 6/42CNC viz. Příloha č.3)

4. Zhodnocení a výběr nejvhodnější technologie

Použité technologie vyžadují vícevřetenový automat vačkový (MORI-SAY 8/42S) nebo numericky řízený (TMZ 6/42CNC). To ovšem vyžaduje zpočátku vysoké investice. Tyto původní investice se ovšem rychle vrátí, pokud bude mít stroj maximální využití. Jestliže se podaří získat zakázky o velkých počtech vyráběných kusů na několik let dopředu, tyto stroje jsou nejlepší možná volba. Stroje oceníme hlavně při nasazení v hromadné, velkosériové či středně sériové výrobě.

Pomocí vícevřetenových automatů se mnohonásobně zvýší produktivita výroby, dojde k výraznému snížení lidské práce a dojde k neuvěřitelnému urychlení výrobního času jedné součásti. Na druhou stranu narostou náklady na nástroje, elektřinu a jiné. Ovšem ve výsledku budou celkové náklady na výrobek značně nižší.

Podstatnou výhodou je, že jeden vícevřetenový automat svojí kapacitou nahradí celou řadu stávajících strojů. Stroj může vykonávat více technologických operací na jednom pracovišti, tím také dojde ke zvýšení kvality a přesnosti hotových dílců. Například při výrobě koncovky kabelů na konvenčních obráběcích strojích by se muselo využít značného počtu strojů (soustruh, vrtačka, frézka, otočný stůl), proto má využití vícevřetenového automatu značné výhody.

4.1 MORI-SAY 8/42S

Z hlediska výroby koncovky kabelu byl vybrán 8-vřetenový soustružnický automat, u kterého jsou dráhy jednotlivých suportů odvozeny od mechanické vačky. Stroj je určen pro obrábění tyče s maximálním průměrem 42 mm. Osmi vřeten se využilo z důvodu složitosti součásti, jelikož šest vřeten by bylo nedostatečné z důvodu nedostatku místa pro polohy nástrojů. Využitím osmi vřeten (namísto šesti) se nám ovšem zkrátí výrobní čas a i do budoucna budeme schopni vyrábět složitější dílce.

Časy operací byly vypočteny z technologických podmínek jednotlivých poloh. Nejdelší doba určuje cyklový čas celého stroje. Křížové a příčné suporty jsou v pracovním chodu od 0° do 150°, jen p říčný suport u VIII. (upichovací)

polohy je pouze od 0° do 136°. Zbytek pohybu do 360° je nepracovní chod (rychloupouh). Dalším významným faktorem, který ovlivňuje hodinový výkon stroje, je způsob výměny materiálu po jejich obrobení. Tyto časy operací budou výhodnější, pokud stroj bude vybaven automatickým zásobníkem tyčí (ovlivňuje produkční čas) a odebíračem hotových výrobků.

4.2 TMZ 6/42CNC

Z hlediska výroby koncovky kabelu byl vybrán 6-vřetenový soustružnický automat s maximálním průměrem tyče 42 mm, který je řízen numerickým systémem. Z důvodu, že stroj může mít 24 CNC řízených os a dalších 20 přídavných CNC os (to je celkem 44 os), tím nástroje mohou pracovat ve více osách. Proto stačí pro tento dílec využití 6-vřetenového stroje. Stroj je schopen během chvíle naprosto změnit dílec bez dokoupení technologie (pokud je už vybaven požadovanou technologií). U numericky řízeného stroje dojde ke snížení počtu nástrojů, díky sloučení obráběcích operací na jeden nástroj.

Časy operací jsem zjistil v programu TMis, který vypočítá časy trvání. V programu TMis jsem vytvořil NC program, dále byly nadefinovány použité nástroje a nastaveny jejich parametry, korekce, časová synchronizace mezi pohyby jednotlivých suportů aj. Závěrem jsem odsimuloval celý proces, kde nebyly zjištěny žádné chyby. Lze očekávat, že tyto časy budou reálné, pokud stroj bude vybaven automatickým zásobníkem tyčí a odebíračem hotových výrobků.

4.3 Porovnání variant z časového hlediska

Z technologického postupu jsem zjistil, že podle času výroby jednoho kusu bude nejvýhodnější první varianta prováděná na vačkovém automatu MORI-SAY 8/42S, stroj dokáže součást teoreticky vyrobit za 9,8 s. Druhá varianta, prováděná na numerickém automatu TMZ 6/42CNC, bude značně pomalejší, teoretický výrobní čas jednoho dílce bude 20,8 s.

Tab. 4.1 - Teoretické výrobní časy

	MORI-SAY 8/42S	TMZ 6/42CNC
Výrobní časy - teoretické	9,8 s	20,8 s

Teoretický počet kusů za hodinu:

MORI-SAY 8/42S

Teoretický počet kusů za hodinu:

$$\frac{\text{ks}}{\text{hod}} = \frac{1\text{hod}}{\text{teoretický čas obrábění}}$$

$$\frac{\text{ks}}{\text{hod}} = \frac{3600}{9,8}$$

$$\frac{\text{ks}}{\text{hod}} = 367,35$$

TMZ 6/42CNC

Teoretický počet kusů za hodinu:

$$\frac{\text{ks}}{\text{hod}} = \frac{1\text{hod}}{\text{teoretický čas obrábění}}$$

$$\frac{\text{ks}}{\text{hod}} = \frac{3600}{20,8}$$

$$\frac{\text{ks}}{\text{hod}} = 173,08$$

Z důvodu doplňování nových tyčí se musí počítat s časovými ztrátami. Při zapojení automatického zásobníku Pietro Cucchi do výroby tato ztráta po přepočtu ztrátového času na nabíjení bude dosahovat pro vačkový stroj MORI-SAY 8/42S **7%** a pro numericky řízený stroj TMZ 6/42CNC **4%** (záleží na počtu vřeten, délce dílce a tyče a cyklickém čase). Pokud nezapojíme do výroby tento automatický zásobník a využijeme pouze systém zásobníku s ručním nabíjením tyto ztráty budou dosahovat 20% a více, což by byla už značná ztráta.

Tab. 4.2 - Počet kusů za hodinu dle nabíjení

	teoretický počet	automatický zásobník (ztráty) - MORI-SAY 8/42S 7% - TMZ 6/42CNC 4%	ruční nabíjení (ztráty) (20%)
MORI-SAY 8/42S	367,35 $\frac{\text{ks}}{\text{hod}}$	341,64 $\frac{\text{ks}}{\text{hod}}$	293,88 $\frac{\text{ks}}{\text{hod}}$
TMZ 6/42CNC	173,08 $\frac{\text{ks}}{\text{hod}}$	166,16 $\frac{\text{ks}}{\text{hod}}$	138,46 $\frac{\text{ks}}{\text{hod}}$

Dále z důvodu otupení řezných nástrojů a jejich následnou výměnou uvažuji ztrátu pro výměnu nástrojů, korekci nástrojů a měření (další výpočet jen s automatickým zásobníkem). Tato ztráta pro mosazný dílec po přepočtu bude

dosahovat pro vačkový stroj MORI-SAY 8/42S **7,7%** a pro numericky řízený stroj TMZ 6/42CNC **3,4%**. Po odečtu těchto ztrát jsem zjistil skutečný počet vyrobených kusů za jednu hodinu.

Tab. 4.3 - Skutečný počet kusů za hodinu

	teoretický počet	automatický zásobník (ztráty)	skutečný počet	
			- MORI-SAY 8/42S - TMZ 6/42CNC	7,7% 3,4%
MORI-SAY 8/42S	367,35 $\frac{\text{ks}}{\text{hod}}$	341,64 $\frac{\text{ks}}{\text{hod}}$	315,33 $\frac{\text{ks}}{\text{hod}}$	
TMZ 6/42CNC	173,08 $\frac{\text{ks}}{\text{hod}}$	166,16 $\frac{\text{ks}}{\text{hod}}$	160,51 $\frac{\text{ks}}{\text{hod}}$	

Pro objektivní výpočet nákladů na nástroje jsem uvažoval u obou variant sérii 500 000 ks těchto dílců bez změny technologie, i když numericky řízený stroj TMZ je vhodný i pro malosériovou výrobu. U vačkového soustružnického automatu při obrábění do mosazi bylo uvažováno, že tvarový nástroj bude mít životnost minimálně 3 směny, po otupení by následovalo 7÷10x přeastření, ale po přeastření se sníží jeho životnost na 2 směny (cena přeastření zhruba 1/10 pořizovací ceny). U standardních nástrojů bylo uvažována minimální životnost 4÷5 směn (při dodržení řezných parametrů). Co se týká standardních nástrojů a obrábění v mosazi, tak není problém těmito nástroji vyrobit až 10 000 kusů obrobku, vše záleží na odladění technologie. Při zkoušce pro rakouského zákazníka bylo vyrobeno tvarovými nástroji (v kombinaci se standardními) sérii 27 000 kusu bez nutnosti výměny a v podstatě se produkce zastavila na přání zákazníka, protože výsledek byl přesvědčivý. Pro úplnost cyklový čas dílce se pohyboval na 10 s, pouze bylo nutné provést korekci rozměru než došlo k zahřátí stroje na provozní teplotu.

V tomto je jedna z důležitých výhod strojů řady TMZ vůči vačkovým strojům - volbou ideálních podmínek pro obrábění se životnost nástrojů výrazně zvyšuje, díky tomu že se jedná o běžně dostupné nástroje, tak cena je mnohem nižší než u nástrojů tvarových. Navíc životnost těchto nástrojů je několikanásobně vyšší než u tvarových, jelikož nástroje jsou dokonale propracované (tvar, povlaky, jakost aj.) a nástrojů je velký výběr. Každý plátek

má přesně předepsané parametry, které není problém na numericky řízeném stroji dosáhnout.

Tab. 4.4 - Náklady na nástroje v Kč

	MORI-SAY 8/42S	TMZ 6/42CNC
Náklady na nástroje	320 $\frac{\text{Kč}}{\text{hod}}$	125 $\frac{\text{Kč}}{\text{hod}}$

Závěr:

Dle propočtů z časového hlediska vychází nejlépe první varianta s vačkovým soustružnickým automatem MORI-SAY 8/42S, kdy jeho výrobnost je zhruba více než dvojnásobná.

Vačkový soustružnický automat MORI-SAY 8/42S s automatickým zásobníkem Pietro Cucchi dokáže vyrobit za hodinu 315 ks dílců, numericky řízený soustružnický automat TMZ 6/42CNC s automatickým zásobníkem Pietro Cucchi je značně pomalejší a za hodinu vyrobí 160 ks dílců.

Opakem je propočet nákladů na nástroje, kdy pro vačkový stroj MORI-SAY 8/42S budou náklady na 1 hodinu 320 Kč a pro numericky řízený TMZ 6/42CNC 125 Kč/hod. Je to z důvodu dražších tvarových nástrojů, které se hlavně využívají u vačkových strojů a většího počtu nástrojů, které je potřeba k obrobení koncovky kabelů. Toto je hlavní výhoda numericky řízených strojů TMZ, kdy dojde k značné úspoře financí u nástrojů oproti vačkovému stroji, kde tyto náklady jsou značně vyšší.

Je také vhodné stroje vybavit laserovým počítadlem vyrobených kusů, který přesně na konci dopravníku počítá počet přerušení paprsku. Pokud bychom použili jen časový propočet dle otočení vřeten, tento výpočet bude značně nepřesný, protože by nám započítal i dílce, které spadly do odpadu.

5. Technicko - ekonomické zhodnocení

Stanovení provozních nákladů na jednu hodinu u těchto strojů a při výrobě této součásti je velmi problematické, hlavně záleží o jakou firmu se jedná. Ale můžeme zaokrouhleně uvažovat dle výpočtu v této kapitole (viz. uvedeno níže). Do provozních nákladů stroje jsem nezapočítával cenu materiálu ani cenu nástrojů, tyto ceny se připočtou až do konečné ceny dílce.

Dále uvažuji jen výrobní časy s automatickým zásobníkem Pietro Cucchi, protože bez něj by docházelo k velkým časovým ztrátám při nabíjení nových tyčí (až 20% a více), tím pádem i stroj samotný se stane více samostatný a pracovníka budeme moci využít na vícestrojovou obsluhu. Proto využití automatického zásobníku tyčí Pietro Cucchi je v tomto případě vhodné.

Cena elektřiny

Celková cena se skládá ze dvou částí - silové elektřiny (smluvní část) a ceny za distribuci (regulovaná část). Cena silové elektřiny na rok 2010, která se odvíjí při individuálně sjednávaných kontraktech od aktuální ceny na burze s elektřinou, se dnes pohybuje asi kolem 1 850 Kč/MWh. Distribuční část tvoří v součtu cca. 25% z ceny silové elektřiny, takže celková cena 1 MWh by se mohla pohybovat někde kolem 2 300 Kč/MWh = 2,30 Kč/kWh. Při oceňování zákazníka hraje nejdůležitější roli vyrovnaný profil spotřeby, nikoli celkový objem spotřebovaných MWh. Je to dáno fyzikálními vlastnostmi komodity - nemožností skladování. Uváděná cena je běžná u zákazníků s vyrovnanějším průběhem spotřeby (2÷3-směnný provoz, což je ve strojírenství běžné).



Obr. 5.1 - Graf vývoje ceny základního pásma za posledních 12 měsíců na Lipské burze [22]

Tab. 5.1 - Výpočet provozních nákladů (na 1 hod) pro stroj MORI-SAY 8/42 CNC

Uvažujeme počet pracovních dnů za rok 2009:		
- celkem 251 pracovních dnů	+299	
- lze započítat i pracovní soboty, kdy nekolidují se státním svátkem, tedy 48 pracovních sobot		
- údržba	-14	
Celkem pracovních dnů za rok 2009	285	
Počet pracovních hodin za rok:		
- uvažuji 3-směnný provoz, který je pro tyto stroje vhodný		
- 24 pracovních hodin denně		
- 24 hodin denně x 285 pracovních dnů za rok =	6840 hod/rok	
Uvažujeme minimální životnost stroje:		
- samotná životnost stroje bude mnohem větší		
- životnost lze mít i 2 roky, ale záleží na zakázce		
Volíme minimální životnost stroje	8 roků	
Pracovních hodin za minimální životnost stroje:		
- 8 roků x 6840 pracovních hod/rok	54 720 hod/8roků	
Uvažujeme cenu stroje MORI-SAY:		
- holý stroj	471 500 €	
- automatický zásobník Pietro Cucchi BNPB40	98 300 €	
- úprava stroje se zásobníkem	7 500 €	
- technologie	128 360 €	
Celková cena stroje:	705 660 €	
Cena stroje na 1 hodinu		
- cena stroje/pracovních hod/rok = 705 660 / 54 720 =	12,90 €	
- (23.4.2009 - 1 € = 27,00 Kč)		
Cena stroje na 1 hodinu v Kč:	348,30 Kč	348,30 Kč
Uvažujeme mzdu pracovníka (110 Kč/hod):		
- vícestrojová obsluha		
- pracovník pouze kontroluje, přeměřuje, mění nástroje, odebírá dílce, vkládá do automatického zásobníku pomocí jeřábu		
- volím mzdu pro tento stroj 55 Kč/hod		
- musím započítat odvody: 55 Kč x 1,35 = 74,25 Kč/hod		
		74,25 Kč
Elektřina		
- celkový příkon stroje	51 kW	
- E.ON na rok 2010 – Vyrovnaný profil spotřeby (2÷3-směnný provoz)		
- silová elektřina (smluvní část) - 1,85 Kč/kWh		
- cena za distribuci (regulovaná část) - cca 25% z ceny silové elektřiny		
- celková cena - 2,30 Kč/kWh		117,30 Kč
Správní režie		160,00 Kč
Zisk, opravy a jiné		
- cca 20% (stroj, mzda, elektřina, správní režie)		139,97 Kč
Celkem		839,82 Kč
Celkem (zaokrouhleno)		840Kč

Tab. 5.2 - Výpočet provozních nákladů (na 1 hod) pro stroj TMZ 6/42 CNC

Uvažujeme počet pracovních dnů za rok 2009:		
- celkem 251 pracovních dnů	+299	
- lze započítat i pracovní soboty, kdy nekolidují se státním svátkem, tedy 48 pracovních sobot		
- údržba	-14	
Celkem pracovních dnů za rok 2009	285	
Počet pracovních hodin za rok:		
- uvažuji 3-směnný provoz, který je pro tyto stroje vhodný		
- 24 pracovních hodin denně		
- 24 hodin denně x 285 pracovních dnů za rok =	6840 hod/rok	
Uvažujeme minimální životnost stroje:		
- samotná životnost stroje bude mnohem větší		
- životnost lze mít i 2 roky, ale záleží na zakázce		
Volíme minimální životnost stroje	8 roků	
Pracovních hodin za minimální životnost stroje:		
- 8 roků x 6840 pracovních hod/rok	54 720 hod/8roků	
Uvažujeme cenu stroje TMZ:		
- holý stroj	550 000 €	
- automatický zásobník Pietro Cucchi PB52	109 000 €	
- úprava stroje se zásobníkem	3 820 €	
- technologie	87 180 €	
Celková cena stroje:	750 000 €	
Cena stroje na 1 hodinu		
- cena stroje/pracovních hod/rok = 750 000/ 54 720 =	13,71 €	
- (23.4.2009 - 1 € = 27,00 Kč)		
Cena stroje na 1 hodinu v Kč:	370,17 Kč	370,17 Kč
Uvažujeme mzdu pracovníka (110 Kč/hod):		
- vícestrojová obsluha		
- pracovník pouze kontroluje, přeměřuje, mění nástroje, odebírá dílce, vkládá do automatického zásobníku pomocí jeřábu		
- volím mzdu pro tento stroj 55 Kč/hod		
- musím započítat odvody: 55 Kč x 1,35 = 74,25 Kč/hod		
		74,25 Kč
Elektřina		
- celkový výkon motorů vřeten	80 kW	
- další asynchronní motory, osvětlení, rezerva	50 kW	
Celkem kW	130 kW	
- E.ON na rok 2010 – Vyrovnaný profil spotřeby (2÷3-směnný provoz)		
- silová elektřina (smluvní část) - 1,85 Kč/kWh		
- cena za distribuci (regulovaná část) - cca 25% z ceny silové elektřiny		
- celková cena - 2,30 Kč/kWh		299,00 Kč
Správní režie		160,00 Kč
Zisk, opravy a jiné		180,68 Kč
- cca 20% (stroj, mzda, elektřina, správní režie)		
Celkem		1084,10 Kč
Celkem (zaokrouhleno)		1085Kč

Celkové náklady na výrobu koncovky kabelů jsem zjistil po sečtení provozních nákladů pro stroj na jednu hodinu a nákladů na nástroje (na jednu hodinu). Cenu materiálu (Ot 58) neuvažuji, protože je pro obě varianty stejná a není možno přesněji zjistit, za jakou cenu je schopen zákazník materiál koupit.

Tab. 5.3 - Celkové náklady pro koncovku kabelů na 1 hodinu

	MORI-SAY 8/42S	TMZ 6/42CNC
Provozní náklady	840 Kč/hod	1085 Kč/hod
Náklady na nástroje	320 Kč/hod	125 Kč/hod
Celkové náklady	1160 Kč/hod	1210 Kč/hod

Výpočet ceny jednoho kusu pro
MORI-SAY 8/42S:

$$1\text{ kus} = \frac{\text{Celkové náklady}}{\frac{\text{ks}}{\text{hod}}}$$

$$1\text{ kus} = \frac{1160}{315,33}$$

$$1\text{ kus} = \underline{\underline{3,68 \text{ Kč}}}$$



Výpočet ceny jednoho kusu pro
TMZ 6/42CNC:

$$1\text{ kus} = \frac{\text{Celkové náklady}}{\frac{\text{ks}}{\text{hod}}}$$

$$1\text{ kus} = \frac{1210}{160,51}$$

$$1\text{ kus} = \underline{\underline{7,54 \text{ Kč}}}$$

Tab. 5.4 - Cena jednoho kusu

 Cena jedné koncovky kabelu 	
MORI-SAY 8/42S	TMZ 6/42CNC
3,68 Kč	7,54 Kč
0,13 € (23.4.2009 – 1 € = 27,00 Kč)	0,28 € (23.4.2009 – 1 € = 27,00 Kč)

6. Závěr

Hlavním cílem diplomové práce bylo vytvořit návrh nové technologie výroby koncovky kabelu ve firmě TAJMAC-ZPS, a.s. Zlín. K řešení bylo nutné provést návrh technologie výroby, návrh stroje, nástrojů, řezných parametrů, výrobních časů pro vačkový a numericky řízený vícevřetenový soustružnický automat. Pro numericky řízený vícevřetenový automat bylo ještě nutné vytvořit NC program v programu TMis.

Skutečný počet kusů po odečtení všech možných ztrát s využitím automatického zásobníku Pietro Cucchi je zaokrouhleně pro vačkový stroj MORI-SAY 8/42S 315 ks/hod a pro numericky řízený stroj TMZ 6/42CNC je tento počet 160 ks/hod. Cena jednoho kusu po započítání všech provozních nákladů a nákladů na nástroje pro vačkový stroj MORI-SAY 8/42S je 3,68 Kč (0,13€) a pro numericky řízený stroj TMZ 6/42CNC je tato cena 7,54 Kč (0,28€).

Z pohledu nákladů lze špatně hodnotit tyto dvě rozdílné varianty výroby, protože jsem ovlivněn řadou aspektů. Pro dosažení věrohodnosti jsem zvolil dávku 500 000 kusů. Pokud uvažuji výrobu 500 000 kusů těchto součástek na vačkovém stroji MORI-SAY 8/42S, byl by tento způsob výroby výrazně levnější a došlo by k úspoře 1 930 000 Kč (71 481,48€) oproti numerickému stroji TMZ 6/42CNC. Při využití numerického stroje u tak velkého počtu kusů jsou provozní náklady vyšší a tyto stroje jsou vhodnější pro častější změnu technologie a menší počty vyráběných dílců, jelikož vačkový stroj není tak rychle přeseřiditelný. Doba výroby 500 000 kusů koncovek kabelů by vačkovému stroji MORI-SAY 8/42S trvala 66 pracovních dnů při 3-směnném provozu (tj. 1586 hodin) a numericky řízenému stroji TMZ 6/42CNC odpovídá 130 pracovních dnů při 3-směnném provozu (tj. 3116 hodin).

Při výrobě koncovky kabelu z hlediska přeseřiditelnosti jsem uvažoval přeseřazení na technologii podobné náročnosti. U vačkového stroje MORI-SAY 8/42S by toto přeseřazení na jinou technologii trvalo 7 pracovních dnů, došlo by tím pádem ke ztrátě 168 pracovních hodin. U numericky řízeného stroje toto přeseřazení je výrazně kratší (závislé na složitosti dílce). Tím pádem vhodnost použití numericky řízeného stroje TMZ 6/42CNC je do 55 000 kusů koncovek kabelů.

Momentálně v období finanční krize je snaha nevyrábět na sklad, vyrábět v menších sériích, rychle a často přeseřizovat s minimálním počtem pracovníků, při dodržení co největší kvality výroby. Tím pádem rychle reagovat na nové nabídky, rychle vyrobit a v tom je právě výhoda numericky řízeného stroje TMZ 6/42CNC, který je schopný tyto podmínky splnit. Vačkový stroj limitují tvarové nástroje, kdy jejich výroba trvá i týdny a tudíž tyto podmínky nejsme schopni splnit.

Cena dílce pokryje výrobní náklady, výdělek může vzniknout pomocí prodeje odpadu, ale v dnešní době díky ekonomické krizi, bude i cena tohoto odpadu velmi nízká. Firma vyrábějící z mosazi může generovat zisk z odpadového hospodářství - prodejem třísek z obrábění může firma získat čistý zisk (z polotovaru je odebráno průměrně 50% materiálu, který by se prodával zpět). V dnešní době je situace na trhu taková, že odběratelé tlačí ceny obrobku co nejvíce dolů a značný počet firem funguje podle výše popsaného modelu.

Použitá literatura

- [1] PILC, Jozef; STANČEKOVÁ, Dana. *Základy stavby obrábacích strojov*. Žilina: Žilinská univerzita, 2004. 108 s. Strojnícka fakulta. ISBN 80-8070-281-0.
- [2] ŽENÍŠEK, Josef; KRATOCHVÍL, Jaroslav; VACEK, Vlastimil a jiní. *Teorie a konstrukce výrobních strojů II (obráběcí stroje)*. Praha: SNTL/ Alfa, 1988. 400 s.
- [3] ŠEBELA, Antonín. *Výrobní stroje - 1.díl Obráběcí stroje*. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 1986. 267 s. Fakulta strojní a elektrotechnická.
- [4] VASILKO, Karol; HRNČIAR, Juraj. *Technológia obrabania a montáže*. Bratislava: Alfa, 1982. 320 s.
- [5] KRATOCHVÍL, Jaroslav. *Obráběcí stroje*. Praha: ČVUT, 1982. 231 s. Fakulta strojní.
- [6] VASILKO, Karol; HRUBÝ, Jindřich; LIPTÁK, Ján. *Technológia obrania a montáže*. Bratislava: Alfa, 1991. 496 s. ISBN 80-05-00807-4.
- [7] DEMEČ, Peter. *Sústružnícké stroje- Poloautomatické a automatické sústruhy a sústružnícke centrá*. Košice: Technická univerzita v Košiciach. 20 s. Strojnícka fakulta.
- [8] URL: <<http://www.elitalycea.wz.cz/files/tep/tep17.pdf>> [cit. 2009-3-3].
- [9] URL: <http://www.kvs.tul.cz/download/obor/skripta_stroje/obrabeci.pdf> [cit. 2009-1-3].
- [10] URL: <<http://kovotech.kvalitne.cz/view.php?cislocclanku=2005051801>> [cit. 2009-5-4].
- [11] ZEMÁNEK, Jaroslav. *Komplexní řešení šestivřetenového automatu*. MM Průmyslové spektrum, 2006, roč.11, č.5, s.32-33. ISSN 1212-2572.
- [12] *TAJMAC-ZPS hledá nové cesty* [online]. Technický týdeník, 2006, roč.2, č.26.URL:<<http://www.techtydenik.cz/detail.php?action=show&id=1804&mark=>>> [cit. 2009-2-5].
- [13] *100 let strojírenství ve Zlíně*. Zlín: TAJMAC-ZPS, a.s., Zlín, 2003. 100 s.
- [14] *Osmivřetenový soustružnický automat MORI-SAY 8/32AC*. Zlín: TAJMAC-ZPS, a.s., Zlín, 2008. 4s.

- [15] Šestivřetenový soustružnický automat MORI-SAY TMZ 6/42CNC. Zlín: TAJMAC-ZPS, a.s., Zlín, 2008. 4 s.
- [16] TAJMAC-ZPS, a.s., Zlín. *Komplexní proces výroby obráběcích strojů*. 2002. [CD].
- [17] BALTUS, Jan. *BIMU Milano 2008 v předvečer EMO 2009*. Technický týdeník 2008, roč.4, č.22, s.4. ISSN 0040-1064.
- [18] TAJMAC-ZPS, a.s., Zlín. *TMis 2.1.00 MORI-SAY TMZ 642 CNC, MORI-SAY 867 CNC*. Zlín: TAJMAC-ZPS, a.s., Zlín. 64 s.
- [19] *Pietro Cucchi Standard* [online]. Bussero (MI) Italy: Pietro Cucchi. URL:<
http://www.pietrocucchi.com/i/pdf/depliant_plurimandrino_italiano.pdf>
[cit. 2009-4-4].
- [20] HAVRILA, Michal. *Číslicovo říadená výrobná technika*. Prešov: Technická univerzita, 2006. 130s. FVT TU Košiciach so sídlem v Prešove. ISBN 80-8073-243-4.
- [21] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 3. vydání. Praha, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.
- [22] KRSICKA, Ivo. E.ON Energie, a.s. [online]. 28. dubna 2009 10:37; [cit. 2009-2-5]. Osobní komunikace.

Poděkování

Rád bych využil příležitosti a vyjádřil poděkování především vedoucímu služeb zákazníkům pro vícevřetenové automaty firmy TAJMAC-ZPS, a.s. panu Ing. Antonínu Mičochovi, který mi dal příležitost a téma mé diplomové práce, a také velmi ochotně poskytl veškeré potřebné informace.

Dále bych chtěl poděkovat panu Jaroslavu Pešlovi a Ing. Petru Linhartovi za odborné rady ohledně vícevřetenových automatů.

V neposlední řadě děkuji Ing. Robertu Čepovi, Ph.D. za cenné a podnětné rady při vypracování této diplomové práce.

Seznam příloh

- Příloha č.1** Navržený technologický postup pro první variantu na stroji MORI-SAY 8/42S.
(číslo výkresu: MORI-SAY 8/42S - 1/2)
- Příloha č.2** Navržený technologický postup pro druhou variantu na stroji TMZ 6/42CNC.
(číslo výkresu: TMZ 6/42CNC - 1/2)
- Příloha č.3** Navržený NC program TMZ642 pro druhou variantu na stroji TMZ 6/42CNC (program TMis).
- Příloha č.4** Výkres koncovky kabelu.
(číslo výkresu: kk - dp - AJ - 2009)